

知能作用過程のシュミレーション

その8 手書き文字のパターン認識と文字の形における「あいまいさ」に関する考察

寺岡 宏 矢吹 哲夫*

Simulation of the Operating-Processes of the Human Intellect

Part 8. Pattern Recognition of Hand-Writing Letters and a Theoretical Study about the Obscurity Involved in the Form of Letter

Hiroshi Teraoka and Tetuo Yabuki

This paper constitutes a model which simulates the processes from reading of hand-writing letter to the pattern recognition as the standard letter. As the main points in this letter, the following simulation methods were used.

1. Modification of the obscurity involved in the hand-writing form to the standard pattern
2. Judgement for the obscure form by the corresponding membership-function
3. Correlation by membership-function and judgement-property in a hypothetical group

§ 1 はじめに

本研究のシリーズにおいては、文字の読み取りと認知に関わる過程をモデル化し、パーソナル・コンピュータによるシュミレーションによってモデル過程に内包される諸要因についての解析を進めてきた。とくに前報(1・2・3)においては、文字のパターン認識とそれに関連する「あいまいさ」を数量的に扱う方法を提起し、かかる認識方法に伴う「あいまいさ」についての理論的考察を行なった。前報(3)においては定形型のAからZまで

の26文字をパターン認識の対象として用い、それらの文字の形の特徴を空白とこれを囲む線、上下・左右の対称性をパラメータとしたパターン認識の方法を提起した。しかし一般に手書きの文字では定形型の文字と異なり形のずれがみられる。パターン認識においては、或程度の形のずれを無視することによって、標準化の判断がなされる。

今回の論文は、この形の標準化の内容を対象とするものである。すなわち網膜をグラフィック画面として設定し、この上にマウスを用いて手書きの文字を書き、これを定形型の文字に変換するするためのシュミレーションを開発した。パターン認識の前提として、形の標

* 酪農学園大学・講師

準化がなされる場合、次にあげる諸要因が標準化に関連して指摘される。本論分の内容は以下に指摘される問題を対象とするものである。

1. 書かれた線が垂直方向、水平方向に或程度の「ゆがみ」や「ねじれ」を持つ場合、これを無視して直線と見なすこと。とくに線の両端の位置関係が重要な意味を示し、両点に見られるある程度のずれを無視してこれを水平または垂直線とみなすこと。
2. 文字が書かれる紙面上の位置や、書かれる文字の大きさの相違はパターン認識に一切影響を及ぼさないこと。
3. 文字の横幅と縦幅の示す相対的な比率はある範囲内において変化しても、その比率の相違を無視して定型化がなされること。たとえば或文字が横半角、横倍角、縦倍角で記された場合、この程度の横幅と縦幅の違いは無視して、同一文字としての判断がなされること。
4. 2本の線が交差点からある範囲内において離れている場合はこれらの線を交差点まで接近させること。
5. 定型文字の水平線または垂直線が手書き文字において、ある角度の範囲内において斜線として書かれている場合、これを水平方向または垂直方向に回転させて定型化を行なうこと。
6. 定型文字の斜線が手書き文字において、ある角度の範囲内において水平線または垂直線に近い線として書かれる場合は、これを回転させ斜線としての定型化を行なうこと。
7. 2本の線が交差する場合、X、Vの様に本来斜線として書かれるものか、T、Lの様に垂直線・水平線として書かれも

のかの判断は、2つの斜線の交点および交差角によって判断される。

今回の論文においては、マウスで手書きされた文字の形の特徴を以上の諸点について判断し、これを定型化するシュミレーションを作成した。さらに手書き文字が定型化される過程において生じる「あいまいさ」を所属度関数を用いて計算した。また文字の判断において仮想的特性を示す集団を設定し、この集団のバター認識に対して「あいまいさ」がどのような影響を与えるかについて理論的な考察を行なった。

§ 2 形の回転を伴わない定型化

グラフィック画面上にマウスを用いて文字を書く。これは特に英語大文字に限定する必要はなく、今回シュミレーションにおいては直線と斜線の組み合わせられた図形としての処理が行なわれた。

垂直線の場合、グラフィック画面上の始点(A)と終点(B)がX軸方向に15点以下の相違がある場合はこの相違を無視し、終点のX軸方向の値は始点の値に等しいものとした。この場合2点 $A(X_a, Y_a)$ $B(X_b, Y_b)$ を結ぶ垂直線となる。

水平線の場合、グラフィック画面上の始点(A)と終点(B)がY軸方向に11点以下の相違がある場合はこの相違を無視し、終点のY軸方向の値は始点の値に等しいものとした。この場合2点 $A(X_a, Y_a)$ $B(X_b, Y_a)$ を結ぶ垂直線となる。

グラフィック画面上の文字の縦幅と横幅をマウス操作におけるプログラミングの方法より求める。値の測定には画面横幅640ドット、画面縦幅400ドットのドットを単位として用いた。

K=横幅/縦幅 とする。
 定型化された文字においては K=0.8 とする。

手書き文字の横幅と縦幅を K=0.8 の定型化文字になるように変換し、これをパターン認識の結果として画面上に図示した。

手書き文字が K=0.8 の定型化文字に所属するか否かの度合いを所属度 (S) とし、これをつぎの所属度関数を用いて計算した。

$$S = K^{1.6} \cdot \exp(-1.78 \cdot K) \cdot 5.936 \dots\dots\dots(1)$$

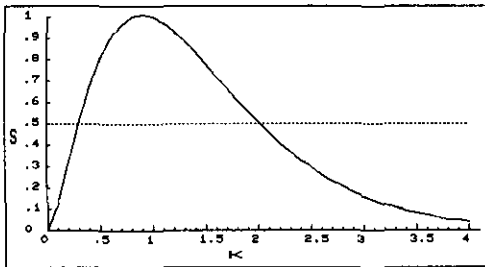


図1 文字の横幅と縦幅の比率と所属度の関係

図1に K と所属度 S の関係を示す。所属度 S=1 の場合は「あいまいさ」0 として肯定的判断がなされ、所属度 S=0 の場合は「あいまいさ」0 として否定的判断がなされることを示す。所属度関数 0.5 の場合は「あいまいさ」は最高となり、否定と肯定の度合いが等しくなる。(1) の所属度関数においては

$$K=0.3 \quad K=2.0$$

のケースにおいて 所属度 0.5 の値を示す。

図2に 0.2=<K<=4.0 の範囲の K の値に対応する所属度関数値と各 K の値に対応する T と L の形を示す。

§ 3 1本の直線の回転を行なう場合

定型化のための最も基本的なシュミレーションとして1本の斜線を水平または垂直方向に

K	S	T	L
.2	.31		
.4	.67		
.6	.9		
.8	1		
1	1		
1.2	.93		
1.4	.84		
1.6	.72		
1.8	.61		
2	.51		
2.4	.33		
2.8	.21		
3.2	.12		
3.6	.07		
4	.04		

図2 所属度と T と L における形の変化

回転させる場合を次の方法に従って設定した。斜線が書かれた平面の中央部分に回転の原点 P(X, Y) を設定し、斜線の両端の値を P₁(X₁, Y₁) P₂(X₂, Y₂) とする。

原点を中心に反時計方向に α 回転させたときの斜線の両端の値を P'₁(X'₁, Y'₁) P'₂(X'₂, Y'₂) とするとき P'₁ P'₂ の各点はつぎの値を示す。

$$X'_1 = X_1 \cdot \cos\alpha - Y_1 \cdot \sin\alpha \dots\dots\dots(2)$$

$$Y'_1 = X_1 \cdot \sin\alpha + Y_1 \cdot \cos\alpha \dots\dots\dots(3)$$

$$X'_2 = X_2 \cdot \cos\alpha - Y_2 \cdot \sin\alpha \dots\dots\dots(4)$$

$$Y'_2 = X_2 \cdot \sin\alpha + Y_2 \cdot \cos\alpha \dots\dots\dots(5)$$

原点を中心に α 方向および -α 方向に回転角を増加させてゆき、

$$X'_1 = X_1 \quad \text{または} \quad Y'_1 = Y_1$$

が成立する角度において回転を終了させた。

X'₁=X₁ のケースでは回転の結果、斜線は垂直線、Y'₁=Y₁ のケースでは斜線は水平線となる。

図3にこの方法による斜線の回転結果と回転角を示す。

§ 4 2本以上の交差しない直線の回転・平行移動による定型化

1番目に記された斜線を上記の方法に従って、垂直または水平化するための回転角を求め、他の線はこの回転角を用い(2) - (5)により回転させた。

回転によって与えられた文字の横幅と縦幅を求め、これを X_d Y_d とする。

マウスで書かれる場所が横90ドット、縦150ドットの広がりを持つこと、この広がりにおける縦幅、横幅それぞれ15%の長さのずれを誤差として扱うことを前提とし、つぎの DX , DY を求める。

$$DX = 90 * 0.15 * (X_d / 90) \quad \dots\dots(6)$$

$$DY = 150 * 0.15 * (Y_d / 150) \quad \dots\dots(7)$$

DX, DY は X_d Y_d の広がりを持つ文字の横方向のずれ (DX)、縦方向のずれ (DY) として無視できる上限値を示す。

2番目以降の線について、回転の結果の始点と終点の X , Y 座標の値を求め DX , DY を基準とした、形の修正 (水平化、垂直化) を行なう。

つぎに T , L のケースでみられる縦線と横線がある一定の間隔離れている場合や、重なり合っている場合、上記 DX , DY の値以下のときはこの間隔や重なりを無視して、平行移動による形の修正を行なう。

次に T ケースでみられる縦線と横線の位置関係が、一方の線上の中心部分に位置付けられる場合を想定し、この場合線の中心点よりのずれがその線分の1/4以下の場合には交差する点を中心点に移動させた。

図4、図5に2つの斜線(4-1、5-1)について回転(4-2、

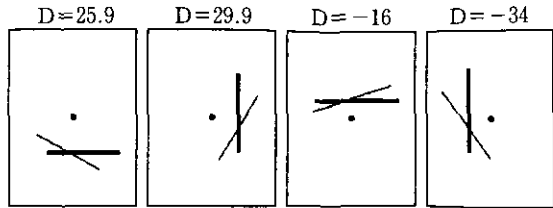


図3 斜線の回転 (Dは回転角・点は回転の中心点を示す)

5-2)、水平化(4-3)、垂直化(5-3)、接合(4-4、5-4)、中心点への移行(5-5)についてのシュミレーションの進行経過を図示する。

これらの操作を通して、2本の斜線は L , T として定型化される。

なお、この操作に関連した諸係数および1-式による所属度を表1に示す。

§ 5 「X」と「+」の形の判断

斜線の回転については、「X」の様に本来斜線である形と、「+」の様に水平または垂直である線が斜線でかかっている形とを識別して、必要な回転操作を行なうことが求められる。この判定のために2本の線の位置関係が用いられた。2本の斜線がそれぞれの中心

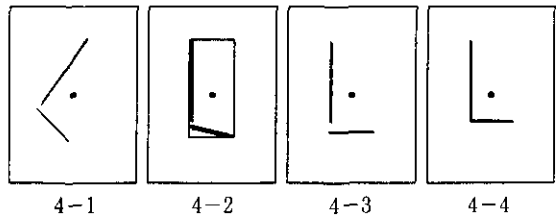


図4 2本の斜線の定型化のシュミレーション

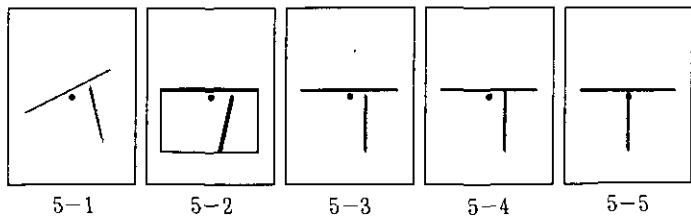


図5 2本の斜線の定型化のシュミレーション

表1：定型化に関連した諸係数と所属度

係数	図4	図5
横幅(ドット)	54	83
縦幅(ドット)	81	54
Dx	5.8	12.4
Dy	12.1	8.1
1本目の斜線の長さ	67	81
2本目の斜線の長さ	38	48
1本目の斜線の回転角	33.9	-26.0
2本目の線のずれ	Y軸7.2	X軸10.7
所属度係数	.88	.64

点、または中心点から或範囲内のずれで交差する時は「X」と判定され、さらに交差点がずれる場合には、十字架の形が斜めにかかれたケースと判断される。

以上の判断のために2本の線A、Bを図6に示される部分に分割し次の式により所属度(12式)を求めた。

$$DY = ABS(HY_1 - HY_2) / HDY \quad \dots\dots(8)$$

$$DX = ABS(HX_1 - HX_2) / HDX \quad \dots\dots(9)$$

$$D = (DY + DX) / 2 \quad \dots\dots(10)$$

(8)、(9)式は第2の直線上における第1の直線の中心点(X, Y)よりのずれを求め、これらの値の第1直線のX軸上の長さ(HDX)、Y軸上の長さ(HDY)長さに対する比(DX, DY)として示したものである。比によって文字の大きさが変化した場合にも一定の値が得られることになる。X軸上のずれとY軸上のずれの平均値Dを用いて所属度(12式)を求めた。

$$KD = 3.33 * D - 1 \quad \dots\dots(11)$$

$$S = 1 - \exp(-KD^2 / SK) / 2 \quad \dots\dots(12)$$

この関数は所属度0.5の値に対して左右対称性を示すことがないため、12式において $D < 0.333$ の場合 $SK = 0.2$ 、 $D \geq 0.333$ の場

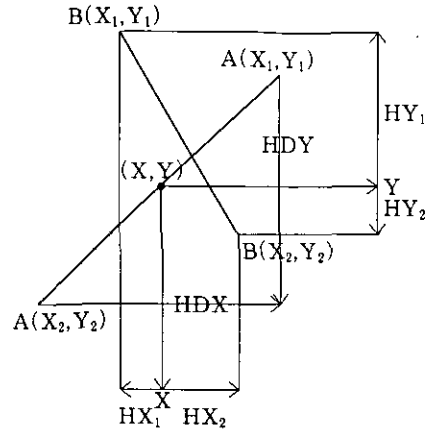


図6 「X」の判断のための係数

- 第一の直線 A、第二の直線 B
- 第一の直線の中心点 (X, Y)
- 第一の直線の X 軸方向の長さ HDX
- 第一の直線の Y 軸方向の長さ HDY

合 $SK = 0.6$ の値を用いた。

また $D > .333$ の時カーブを反転させるため $D > .333$ において $S = 1 - S$ の値を用いた。以上の方法に基づく所属度関数の値を図7に示す。またDの値に対応する2本の線の代表的な組み合わせを示した。

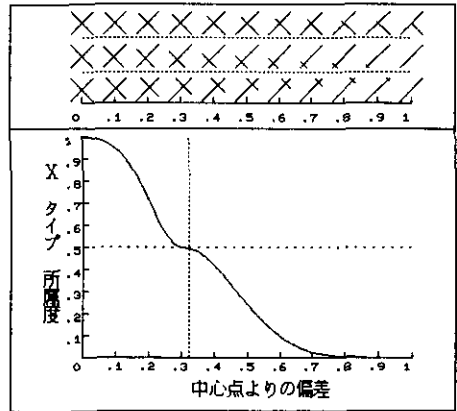


図7 Xの所属度関数とDの値に対応する二本の斜線の組み合わせ

§6 「V」と「L」の形の判断

2本の直線がその端の部分で交差する場合

は上記「X」については明確な否定的判断が成立する。それに変わって、上記の特徴を示す場合「V」か「L」の判断が求められる。2本の直線が交差する角が90°に近い場合は「L」の判断が成立するが、ある角度の範囲内においては、「V」と「L」のあいだに「あいまいさ」を伴う判断がなされる。この場合、交差角 α を変数とし、

$\alpha = 60^\circ$ のとき、あいまいさを最高とする、「L」についての所属度関数 $S\alpha$ を設定した。

$$\alpha_1 = (60 - \alpha) / 10$$

$$S\alpha = \exp(-\alpha_1^2 / 0.75) / 2 \quad \dots\dots(13)$$

$$\alpha_1 \text{ が } 60^\circ \text{ 以上では } S\alpha = 1 - S\alpha$$

図8に以上の方法に基づき「L」についての所属度関数の値を示す。

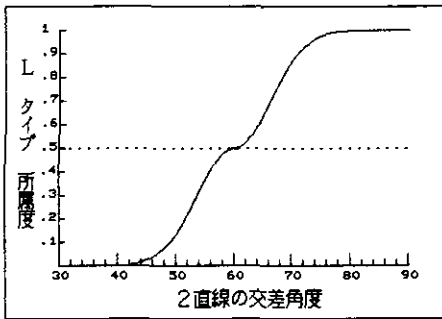


図8 Lの所属度関数

§7 所属度関数に基づくパターン認識

ある所属度関数値(S)をもつ文字が集団によって判断されるとき $S=1.0$ の場合は完全に肯定、 $S=0$ では完全に否定の判断が成立する。しかし $0 < S < 1$ の場合には、 $S > 0.5$ で肯定的な判断 $S < 0.5$ で否定的な判断がより多く成立することとなる。また $S=0.5$ においては肯定と否定の強さが等しくなるため「分からない」とする判断が成立する可能性が考えられる。これはパターン認識における集団レベルにおける「あいまいさ」と考え

ることができる。

この「あいまいさ」は厳密に $S=0.5$ の場合に限らず

$0.5 - \alpha < S < 0.5 + \alpha$ の範囲において成立することが予測される。 α の値は集団の判断能力によって変動し、判断においてより明確な判断能力を示す集団程 α は小さな値を示すことになる。

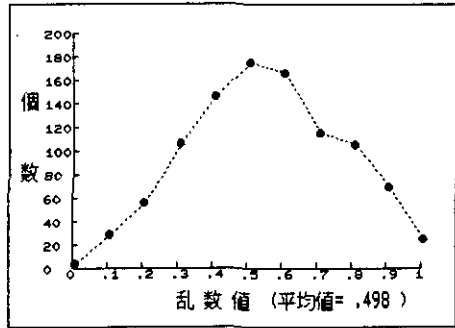


図9 仮想的集団における判断特性(RN)の分布(集団の構成数は1000)

以上のモデルを数量的に扱うため、乱数によって0.5を中心に図9に示される分布を示す集団を作り、各値(RN)を集団を構成する個人の判断特性とした。RNの値が大きい程、肯定的な判断傾向の強いメンバー、RNの値が小さい程、否定的な判断傾向の強いメンバーとする。RN=0.5の場合は肯定および否定の判断特性が等しいメンバーとする。

つぎに所属度関数値Sがパターン認識に及ぼす影響力を数量化するためSを用いて14式による数値SSを求めた

$$SS = (0.5 / (1 - S))^2 \quad \dots\dots(14)$$

14式の値は $S=1.0$ において無限大、 $S=0.5$ において $SS=1$ 、 $S=0$ において $SS=0.25$ の値を示す。図10に所属度とSSとの関係を示す。この数値は個人の判断(SK)に及ぼす形の影響と見なすことができる。

上記の仮想集団の個人が行なうパターン認識は個人の判断特性 RN と文字の示す SS の相互作用の結果として成立する。この作用様式としては多くの形式が設定されるが、本論分においては、次の (15) 式を用いた。

$$SK = SS * RN \quad \dots\dots(15)$$

(15) 式の値 $SK > .5$ において、2 本直線が中心部分で交差する形においては「X」と判断されること、また 2 本直線が端の部分で交差する形においては「L」と判断されること、 $SK < .5$ において「V」と判断されることとした。さらに SK の値が大きい程判断における信頼性が高いことを示す。

以上の仮定に基づき、「X」と「+」、「V」と「L」についての定型化のシュミレーションの結果をを図11、12、シュミレーションに関連した諸係数を表2、3に示す。

「X」の場合には図6における2本の直線 A、B の基点の値 $A(X_1, Y_1)$ $B(X_1, Y_1)$ において $A(X_1) = B(X_1)$ 、または $A(Y_1) =$

$B(Y_1)$ が成立する角度まで原点 P を中心に回転を行なった。「+」の場合には直線 A を水平または垂直化する角度を求め、角度の少ない方向に2本の直線の回転を行なった。

「V」の場合には2本の直線の交点を通る垂直線を設定し、これに対称になるように2本の直線の回転を行なった。

「L」の場合には最初の直線 A を垂直化する回転を行ない、第2の直線も同じ角度において回転を行なった。なお図11、12における手書き文字を囲む4角形は以上の方法に基づく回転の結果得られる文字の大きさをあらわす。この四角形の縦・横の長

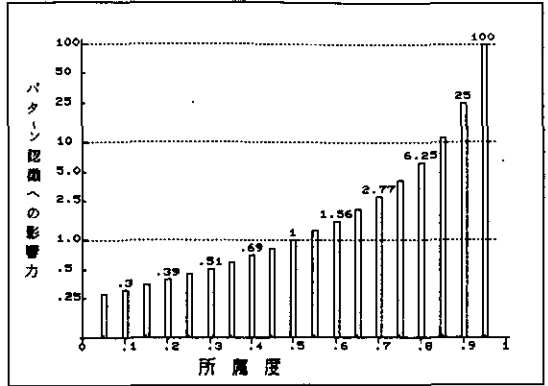


図10 所 属 度 関 数 が パ タ ー ン 認 識 に お よ ぼ す 影 響 力

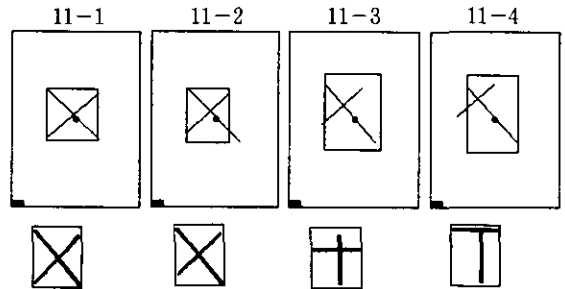


図11 X と T の形の判断

(下側の図形は判断の結果としての定型化を示す)

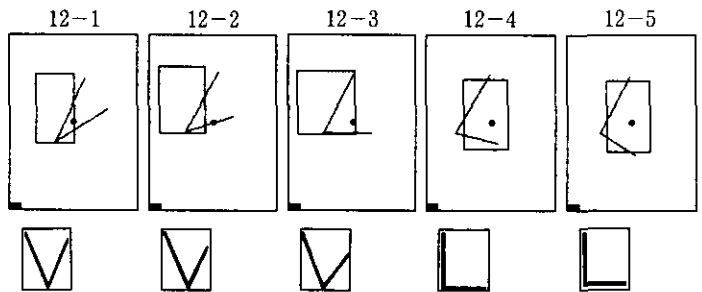


図12 V と L の形の判断

(下側の図形は判断の結果としての定型化を示す)

さをを用いて定型化の文字に対する所 属 度 が 計 算 され た。

集 団 に お け る パ タ ー ン 認 識 が 行 な わ れ る 場 合、15式 の SK の 値 が 0.5 を 中 心 と し た あ る

表2 「X」と「+」のシュミレーションに関連した係数

係 数	11-1	11-2	11-3	11-4
垂直化のための回転角	0	-42	-38	-40
水平化のための回転角	41.9	0	0	0
交点のX軸方向の偏り	0.04	0.25	0.34	0.65
交点のY軸方向の偏り	0.04	0.09	0.27	0.51
「X」に対する所属度	0.95	0.80	0.50	0.11
「X」としての判断	40.0	0.99	0.16	0.27
横／縦の比率	1.0	0.78	0.72	0.65
定型化に対する所属度	0.94	1.0	1.0	0.98

表3 「V」と「L」のシュミレーションに関連した係数

係 数	12-1	12-2	12-3	12-4	12-5
垂直化のための回転角	21.9	27.9	25.9	27.9	25.9
水平化のための回転角	0	0	0	0	0
交点のX軸方向の偏り	0.76	0.41	0.53	0.20	0.15
交点のY軸方向の偏り	0.48	0.74	1.0	1.17	1.39
「X」に対する所属度	0.08	0.11	0	0.02	0
2斜線の交差角	32.5	43.0	45.0	75.5	95.0
斜線としての所属度*	1.0	0.95	0.95	0.95	0.95
垂直線としての所属度	0	0.01	0.24	0.95	0.95
Vとしての回転角	-40.8	-50.6	-49.6		
横／縦の比率	0.56	0.68	0.90	0.62	0.61
定型化に対する所属度	0.95	0.99	0.97	0.97	0.97

(斜線としての所属度：第1の線が水平線ではなく垂直線・斜線であることを判断する係数)

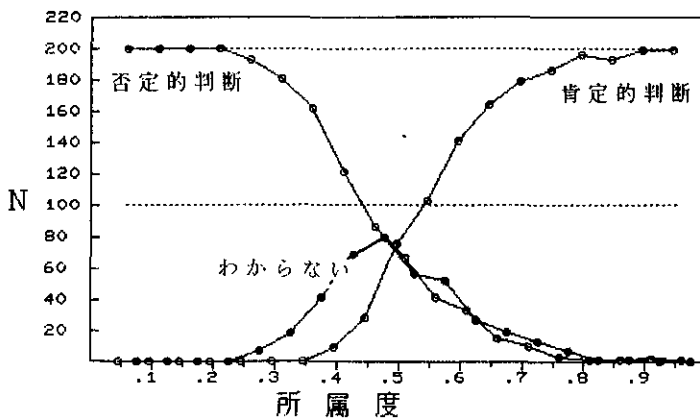


図13 所属度と集団のパターン認識の関係

範囲内においては明確な判断ができず、「どちらでもない」の判断がなされることが推察される。図9の特性を持つ200人の集団が所属度値 $0 < S < 1$ の範囲の文字に対して15式に基づきパターン認識を行なうとき、 $SK > .6$ において肯定的判断、 $SK < .4$ において否定的判断、 $.4 = SK < .6$ において「どちらでもない」の判断がなされるものとした。図13に以上の方法に基づく肯定、否定、「分からない」の判断結果を示す。

図13において用いられた $SK = SS * RN$ の考え方は、文字の変形の度合いと集団の示すパターン認識の内容を数量的に扱う方法として特徴をしめすものである。

集団における RN の値の分布は集団の判断特性のパラメーターとしての意味を持つものであり、その内容を多様に変化させることができる。あるパターン認識に対して強い肯定的傾向を示す集団では RN の中心値を 0.5 以上に設定し、否定的傾向を示す場合には RN の中心値を 0.5 以下に設定することによって対処することが可能になる。また集団の判断が均質な場合ほど数列の標準偏差値を小さくすることで集団の特性を示すことが可能になる。さらに集団が年齢差や男女差などの相違を内包する場合には、これに対応した RN の値の分布を構成することによって、判断の仕方をモデル化することができる。

同様に RN の値は個人が条件を変えて数回の判断を行なう時のモデルとしても用いることが可能である。

要 約

1. 手書きの文字について一定の形の標準化を行ない、得られた文字についてその横幅と縦幅の比率を求めた。この比率から定型

的な文字に対する所属度を求めた

2. 2本以上の直線によって構成される文字について、斜線の回転、交点の形成、線の並行移動などのシュミレーションによって定型的な文字を形成した
3. 「X」と「+」、「L」と「V」について文字の形を判別する所属度関数を作成し、シュミレーションによる文字の判断をおこなった
4. ある値の所属度関数を示す文字を一定の判断特性を示す集団がパターン認識する場合、この集団の示す判断様式について考察を行なった。

参考文献

- (1) 寺岡宏、矢吹哲夫 1994 知能作用過程のシュミレーション：その5 文字情報の「あいまいさ」に関する理論的考察 北星短大紀要・30, 87-94
- (2) 寺岡宏、矢吹哲夫 1995 知能作用過程のシュミレーション：その6 文字のパターン認識と「あいまいさ」の理論的考察 北星短大紀要・31, 51-57
- (3) 寺岡宏、矢吹哲夫 1995 知能作用過程のシュミレーション：その7 所属度関数に基づく文字の識別と「あいまいさ」の理論的考察 北星短大紀要・31, 59-76