

文字図形の位置ずれノイズ成分の統計的性質*

野 口 義 夫**

Abstract

Various schemes of classification have been studied on the problem of pattern recognition. However the noise of character has not been well investigated. The noise of character caused by positional translation is called "translation-noise" in this paper.

In practice the occurrence of this noise is most frequent in the character reading, and this noise occupies the largest part of noise. Therefore statistical properties of this noise is most important.

We consider each character as a vector in a 11×15 dimensional space, and project it on the N dimensional space; a set of the expansion coefficients stands for a character. This set is regarded as a sample set taken from some population.

As results of various kinds of hypothesis testing about the set, the distribution of the coefficients of the translation-noise vector is shown to be Gaussian, if the character is properly normalized.

1. はじめに^{1)~3)}

文字図形の識別方式は大きくみて、i) マトリックス・マッチング法、ii) ストローク・アナリシス法、iii) 幾何学的特徴抽出法の3方式に分類できる。識別の対象となるカテゴリー数が少ない場合は、以上の範ちゅうに属する従来の諸方式でも一定の成果をあげることができる。しかし、カテゴリー数が飛躍的に増大した場合、いずれも十分な有効性を発揮しないと思われる。そこで、改めて識別の対象となる文字図形について、種々のノイズ図形を含めて、文字図形そのものの構造を実証的に調べ、その成果をふまえて、新たに識別方式を検討する研究態度が必要となる。

文字図形の構造を実証的に調べるためには、識別情報とは無関係な量を除去する処理とともに、文字図形の性質を充分吟味できるような場を設定することが大切となる。この場の設定方法は、それぞれの方式によって異なる。近年さかんに研究されているiii)の方式に属する特徴抽出法として、標準文字図形の集合から相関行列を求め、それに基づいて固有値問題を解き、

文字図形をとらえる空間を定める手法がある。この手法によれば、文字図形は多次元のユークリッド空間の点に写像される。この空間を「特徴空間」となずけると、文字図形の構造の解析は、特徴空間内のベクトルの解析におきかわる。

さらに、文字図形をとらえる空間として、標準文字図形の空間軸への射影成分の分散値が1となるように、特徴空間に一次交換をほどこして新しい空間を用意する。この空間を「等分散性空間」と呼ぶ。

本論文では、特徴空間を定めるのに使用した標準文字図形と異なる図形をすべてノイズ図形とみなし、標準図形のもつ図形成分以外の図形成分も、同様にすべてノイズ成分とする。

ノイズ成分の中で、文字図形が、二次元平面上を平行移動することによって生じるノイズ成分を、「位置ずれノイズ成分」となずける。このノイズ成分は、他のノイズ成分よりも一段とノイズレベルが大きい。また、文字図形が正規化位置よりずれる現象は、他の種類のノイズが起こることに伴って、ひんばんに生じる現象であるため、この理由からもとくに詳しく調べておく必要がある。ここでは前述の二つの空間における位置ずれノイズ成分のみについて、その性質を調べる。

各空間での文字図形の座標軸への射影成分は、個々

* Statistical Properties of Translation-Noise of Character Figure, by Yoshio Noguchi (Electrotechnical Laboratory)

** 電子技術総合研究所

の文字図形に対して一意的に定まるものであるがそれらの値がどのような範囲におさまるかは未知である。したがって、空間内での文字図形の構造を直観視するためには、射影成分の値の分布を調べなければならない。そのために、各空間の構成方法から定まる空間軸を、ここではとくに母集団から抽出したものであるとみなす。この模型に従えば、個々の空間座標軸への文字図形の射影成分は、ある母集団からの標本値であるとみなせる。

このような模型に基づいて、適当前処理を経た個々の文字図形の射影成分の集合に対して、標本検定を行なった。その結果、等分散性空間上では、標準文字図形の射影成分は、文字概念のいかんにかかわらず、母平均0、母分散1の正規母集団からの無作為抽出による標本集合であるとみなせた。また位置ずれノイズ図形については、位置ずれ量さへ定まっておれば、どの文字図形のノイズ成分も、母平均0、かつ定まった母分散をもつ正規母集団からの、無作為抽出に近い標本値であるとみなせることが明らかになった。さらに各空間座標軸まわりの、射影成分の集合に対して母集団を想定した場合も、同様の結果を得た。

以上の結果をふまえれば、位置ずれノイズ成分に関しては、特徴空間上で、実用上有効となる分布密度関数を求めることができ、適当前処理をほどこした図形の位置ずれノイズ成分は、白色ガウスノイズであることみなしても大過ないことが明らかとなった。さらに採用した模型に基づく標本検定の結果、文字図形に適用する前処理の効果が明らかとなった。

2. 文字図形の前処理と表現式^{4)~6)}

文字図形をとらえる二次元平面上の領域を文字出現領域とよび、それを横幅 3.1 mm、縦幅 4.3 mm の長方形領域とする。この領域を 0.1 m × 0.1 m のメッシュで区切ると格子状座標が得られ、文字図形がこの座標上で表現される。ここで取り扱う文字図形は、ラインプリタ用かたかな印字字体 (JEIDA-5: 日本電子工業振興協会) の理想白黒図形を、文字部の値を1、余白部の値を0とした量子化図形とし、さらに線幅に対して、上下左右の各方向に 0.1 mm の肉付を行なった図形である (Fig. 1 参照)。

格子座標でとらえたこのような量子化図形を $e(x_i, y_j)$ で表わす。この図形に、明度の正規化と、位置の正規化をほどこした正規図形を $f(x_i, y_j)$ で表わせば、以下の式で定まる図形が正規図形となる。

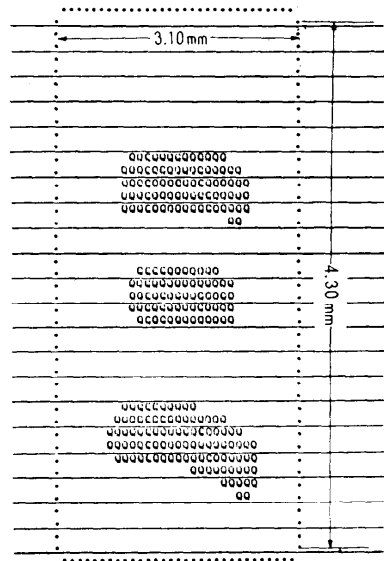


Fig. 1 Standard quantized character with 31 × 43 meshes.

$$f(x_i, y_j) = e(x_i + [x_a], y_j + [y_a]) - k_0 \quad (1)$$

$$k_0 = \frac{1}{4 l_x l_y} \sum_{j=1}^{43} \sum_{i=1}^{31} e(x_i, y_j) \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^{43} \sum_{i=1}^{31} e(x_i + x_a, y_j) \sin\left(\frac{\pi x_i}{2l_x}\right) = 0 \quad (3)-1$$

$$\sum_{i=1}^{31} \sum_{j=1}^{43} e(x_i, y_j + y_a) \sin\left(\frac{\pi y_j}{2l_y}\right) = 0 \quad (3)-2$$

$$(2l_x = 3.10; 2l_y = 4.30)$$

さらにこの正規図形の格子点数を減らすために、以下の式に従うボケを伴う標準化処理を行なう。

$$g(x_i, y_j) = \sum_{t=-4}^4 \sum_{s=-4}^4 e^{-\frac{(x_i - u_{i+t})^2 + (y_j - v_{j+s})^2}{2\sigma^2}} \times f(u_{i+t}, v_{j+s}) \times \frac{c}{\sigma} \quad (4)$$

$$\left(\begin{matrix} 1 \leq i \leq 11; 1 \leq j \leq 15 \\ \sigma = 0.20; c: \text{定数} \end{matrix} \right)$$

この処理を経た図形 $g(x_i, y_j)$ を標本図形とよび、 $g(x_i, y_j)$ はベクトルとみなせるから、以下ではベクトル表示を行なう。

文字概念 r の標準文字図形の標本図形を $g^{(r)}$ で表わし、この標本図形の、かたかな46文字についての算術平均図形を求め、それをノルムについて正規化した図形を τ で表わす。この平均図形を用いて、以下の式で定まる標準化処理を行ない、得られた標準図形を $h^{(r)}$ で表わす。

$$h^{(r)} = g^{(r)} - \alpha^{(r)} \tau; \alpha^{(r)} = (g^{(r)}, \tau) \quad (5)$$

ここまでの処理を前処理とよび、次節以降で吟味の対象となる文字図形は、この前処理を経た図形とする

さらに、正準図形の集合が張る空間に直交座標系を導入するために、固有値問題

$$\lambda\varphi = A\varphi \quad (6)-1$$

を解く。ただし、マトリックス A の各要素 a_{ij} は

$$a_{ij} = \frac{1}{46} (\mathbf{h}^{(i)}, \mathbf{h}^{(j)}) \quad (6)-2$$

で定める。この固有値問題を解くと、固有値 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots$ に対応する固有ベクトルが求まり、それぞれのノルムを正規化したものを $\varphi_1, \varphi_2, \dots$ で表わす。この固有ベクトルを空間の座標軸とする空間を特徴空間とよび、この空間上での文字図形の表現式は、標準文字の場合を例にとれば

$$\mathbf{h}^{(r)} = \sum_{m=1}^{45} \beta_m^{(r)} \varphi_m; \beta_m^{(r)} = (\mathbf{h}^{(r)}, \varphi_m) \quad (7)$$

となる。上式の展開係数 $\beta_m^{(r)}$ を標準文字図形の「特徴係数」とよぶ。

さらに各座標軸まわりの文字図形の集合の分散値が 1 となるように、特徴空間の部分空間に以下の式で示す一次変換をほどこす。

$$\mathbf{x}_k = \sum_{m=1}^N \frac{u_{km}}{\sqrt{\lambda_m}} \varphi_m \quad (8)-1$$

$$\sum_{k=1}^N u_{km} u_{kn} = \delta_{mn} \quad (8)-2$$

この新しいベクトル \mathbf{x}_k を空間の座標軸とする空間が等分散性空間である。この空間は直交空間でないから、 $\{\mathbf{x}_k; k=1, 2, \dots, N\}$ の相反系を求める。それを用いると等分散性空間での文字図形の表現式は、この空間内成分を $\mathbf{h}_N^{(r)}$ とすれば、

$$\mathbf{h}_N^{(r)} = \sum_{m=1}^N \gamma_m^{(r)} \mathbf{x}_m; \gamma_m^{(r)} = (\mathbf{h}^{(r)}, \mathbf{x}_m^*) \quad (9)$$

となる。ここでの相反系 $\{\mathbf{x}_m^*; m=1, 2, \dots, N\}$ は、以下の関係式をみたすものである。

$$(\mathbf{x}_m, \mathbf{x}_n^*) = \delta_{mn} \quad (10)-1$$

$$\|\mathbf{x}_n^*\|^2 = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N \frac{1}{\lambda_m} \equiv \mu_0 \quad (10)-2$$

この空間では、文字図形のもつ情報は展開係数 $\{\gamma_m^{(r)}\}$ がもち、これを「特徴パラメータ」と名づける。

3. 標準文字成分の統計的性質

前節で定めた前処理を経過したノイズを含まない標準文字図形の特徴パラメータは、46文字の標準文字図形の集合全体に対して、平均値と分散値は定まってい

る。しかし、個々の標準文字図形についての N 個の特徴パラメータの分布の様子については、なにも定められていない。この節では、個々の標準図形の N 個の特徴パラメータ $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_N$ の統計的性質を明らかにする。そのために、 N 個の特徴パラメータは、連続確率変数 γ の母集団からとった標本集合であるとみなす。

まず最初、 N 個の特徴パラメータの集合が、母集団からの無作為抽出による標本集合であるかどうか検定する。検定手法として「連一検定」^{7),8)} を適用する。 $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_N$ の中央値を求め、中央値より大きい標本値を +、小さい標本値を - で表わす。こうすれば、+ と - の順列が得られる。連とは + または - のひとつなかりをさす。+ の文字が n_1 個、- の文字が n_2 個存在する場合、+ と - の連の総数を r とすれば、母集団分布が連続で、無作為抽出であれば、すべての順列は等しい確率をもつ。このことより連の総数が r となる確率は求まり、それを $P_r(r)$ で表わせば、以下のとおりとなる。

$r=2m$ の場合

$$P_r(r) = 2 \binom{n_1-1}{m-1} \binom{n_2-1}{m-1} / \binom{n_1+n_2}{n_1}$$

$r=2m+1$ の場合

$$P_r(r) = \left\{ \binom{n_1-1}{m} \binom{n_2-1}{m-1} + \binom{n_1-1}{m-1} \binom{n_2-1}{m} \right\} / \binom{n_1+n_2}{n_1} \quad (11)$$

いま、検定しようとする標準集合の連の総数を R とし、かな文字46文字について求めた R の値を **Table 1** で示す。等分散性空間の次元数を N とすれば、有意水準 5% のときの R の許容域は、 $N=8$ のときは、 $3 \leq R \leq 7$ 、 $N=36$ のときは $13 \leq R \leq 24$ である。 $N=8$ のときは「ユ」、 $N=36$ のときは「レ」、「ロ」のみが棄却される。この検定の結果より、 N 個の特徴パラメータは、同一母集団からの無作為抽出による標本集合であるとみなしても棄却されない。

つぎに母集団の型を具体的に示す。46個の標準文字図形のすべての特徴パラメータの集合について、その頻度分布を調べると、正規分布の分布関数の曲線とほぼ一致する。さらに、母集団が正規分布でない場合も、頑健性を考慮すれば、正規分布を仮定する検定手法は、ほぼ正しい有意水準を示すことがわかっている。このため正規分布の適合度検定を、 N 個の特徴パラメータの集合に対して適用する。

各標準文字図形の N 個の特徴パラメータから「 k -

Table 1 Total Number of RUN.

Category	Stand. Patt.		Noise Patt. (right direction)		Category	Stand. Patt.		Noise Patt. (right direction)		Category	Stand. Patt.		Noise Patt. (right direction)	
	N=8	N=36	N=8	N=36		N=8	N=36	N=8	N=36		N=8	N=36	N=8	N=36
ア	7	23	8	29	チ	5	21	7	24	ム	5	19	5	26
イ	4	16	6	29	ツ	5	21	4	28	メ	4	20	3	26
ウ	6	16	6	26	テ	3	21	7	26	モ	6	18	5	30
エ	6	18	6	29	ト	7	19	6	22	ヤ	5	20	8	24
オ	5	16	7	25	ナ	5	20	7	30	ユ	2	24	5	26
カ	3	19	7	24	ニ	6	19	6	27	ヨ	5	20	6	25
キ	5	22	7	24	ヌ	5	18	4	27	ラ	6	20	4	27
ク	5	15	4	24	ネ	5	19	5	26	リ	5	18	6	24
ケ	7	19	6	26	ノ	6	18	6	29	ル	5	16	4	31
コ	6	18	5	27	ハ	5	15	6	26	レ	6	12	7	32
サ	7	23	8	24	ヒ	4	17	7	28	ロ	7	26	6	28
シ	6	20	4	32	フ	4	17	3	26	ワ	3	23	2	28
ス	6	21	4	27	ヘ	6	13	8	23	ヲ	6	20	4	26
セ	4	19	7	28	ホ	3	20	3	28	ン	4	22	4	28
ソ	6	20	4	26	マ	5	18	4	30					
タ	5	19	4	27	ミ	4	16	4	30					

(displacement : 0.10 mm)

統計量」を求め、「歪度 (Skewness)」、 「過剰度 (Kurtosis)」を計算する⁹⁾。 それらの値の分散値を σ_c^2 とし、求めた歪度・過剰度がそれぞれの $\pm 3\sigma_c$ 範囲におさまるかどうかで適合度検定を行なう。 $N=36$ の場合の求めた歪度・過剰度の値を **Table 2** で示しておく。 ただし、これらの値は、特徴パラメータの実現する値域を、区間間隔: 0.40 で、13 区間に区分したものについて求めた値である。 さらに $N=8$ の場合について、母平均 0、母分散 1 の正規分布の適合度検定を「 χ^2 -検定」により行なう。 データは 100 以上必要とするから、46個の文字の特徴パラメータの集合全体について行なわざるをえない。 区間間隔を 0.20、区間数を23とし、第 i 区間の理論的度数を $f_T(i)$ 、実度数を $f_0(i)$ とすれば、 χ^2 -統計量は

$$\chi_0^2 = \sum_{i=1}^{23} \frac{\{f_0(i) - f_T(i)\}^2}{f_T(i)} = 27.403 \quad (12)$$

(データ総数: 368) と求まるから、有意水準 20% でも棄却されない。

つぎに母平均 (μ) について、 $\mu = \mu_0$ の帰無仮説を、母分散未知の状態で行なう。 $\mu_0 = 0$ として、標本値より計算して得られる「 T -統計量」の絶対値の値を **Table 3** で示す。 5% 有意水準を採用すれば、 $N=8$ のときに棄却されるのは「ケ」、「ツ」のみであり、 $N=36$ のときは棄却されるものは存在しない。

さらに母分散 (σ^2) についての検定を行なう。 母平均未知の状態では、 $\sigma^2 = \sigma_0^2$ の帰無仮説の検定を行なう。 以下の式で定まる統計量 W は、 $\sigma^2 = \sigma_0^2$ のとき、自由度 $N-1$ の χ^2 -分布をなす¹¹⁾。

Table 2 k -statistics of standard patterns. ($N=36$)

	Skewness	Kurtosis		Skewness	Kurtosis		Skewness	Kurtosis
ア	.2011	-.2085	チ	.1723	-.3091	ム	.0513	-.0287
イ	-.1322	-.5019	ツ	-.1076	-.7103	メ	.3441	-.7622
ウ	.3142	-.2955	テ	.0636	.0999	モ	.0357	-.5105
エ	-.0020	.5795	ト	.5482	.2022	ヤ	.4599	.2140
オ	.0040	-.6533	ナ	.5084	-.1380	ユ	-.3323	-.3108
カ	-.4631	-.1928	ニ	.3305	.5331	ヨ	-.1532	-.0688
キ	.0110	-.1826	ヌ	-.4143	-.4695	ラ	.4166	-.5098
ク	-.0383	-.5487	ネ	-.0782	-.7856	リ	.3931	-.5528
ケ	.4175	1.2065	ノ	.1977	-.3304	ル	.1459	-.3000
コ	-.3515	.2090	ハ	-.6821	.3292	レ	-.5417	-.5679
サ	.1208	-.2449	ヒ	.1358	-.1474	ロ	-.3209	1.4280
シ	.1937	-.4683	フ	.0417	.6467	ワ	-.0848	-.4442
ス	-.0837	-.8855	ヘ	.4670	-.2693	ヲ	.2487	-.2434
セ	.0558	.1283	ホ	-.4709	.5595	ン	-.6363	.4826
ソ	-.1732	-.5284	マ	-.4018	-.4746			
タ	-.1084	-.2791	ミ	.4381	-.5047	σ_c	.3925	.7681

Table 3 T, W-statistics of standard patterns

	T		W			T		W	
	N=8	N=36	N=8	N=36		N=8	N=36	N=8	N=36
ア	.536	.587	9.91	41.30	ネ	.911	.778	5.32	36.45
イ	.375	.532	15.18	37.72	ノ	1.103	1.320	8.93	31.18
ウ	1.879	1.711	4.65	28.01	ハ	.521	.679	12.57	37.03
エ	1.610	1.845	6.94	26.41	ヒ	.484	.624	11.90	35.84
オ	.654	.626	7.53	41.15	フ	.717	.780	7.60	32.07
カ	.369	.382	7.79	36.23	ヘ	.411	.501	12.04	40.51
キ	.454	.453	7.78	39.03	ホ	1.580	.894	2.15	33.64
ク	.870	.649	3.77	33.82	マ	.055	.060	9.85	41.42
ケ	2.706	1.428	1.75	31.28	ミ	1.077	1.063	7.50	38.51
コ	.823	.961	6.90	25.28	ム	.801	.951	11.31	40.10
サ	1.811	1.352	4.05	36.30	メ	.805	.895	9.02	36.44
シ	.278	.307	8.64	35.51	モ	.195	.211	9.91	42.27
ス	2.015	1.930	5.95	32.43	ヤ	.826	.778	7.18	40.49
セ	.111	.136	10.36	34.12	ユ	1.623	1.480	5.25	31.59
ソ	1.256	1.334	7.40	32.80	コ	.923	.593	3.01	36.41
タ	.385	.354	6.34	37.30	ラ	1.366	1.194	6.02	39.43
チ	1.668	1.060	2.79	34.76	リ	1.028	.827	4.46	34.45
ツ	4.998	1.921	0.91	30.72	ル	.957	.871	5.63	33.92
テ	1.305	.970	3.61	32.68	レ	.126	.153	11.20	37.93
ト	.044	.056	10.94	34.40	ロ	.370	.396	8.63	37.72
ナ	1.350	.937	3.61	37.38	ワ	1.842	1.580	4.23	28.75
ニ	1.744	2.006	6.26	23.64	ヲ	2.311	1.329	2.11	31.89
ヌ	1.754	1.529	5.47	36.02	ン	.529	.558	7.72	34.63

($\mu_0=0.000$; $\sigma_0=1.000$)

$$W=(N-1)\frac{S_0^2}{\sigma_0^2}; S_0^2=\frac{1}{N-1}\sum_{m=1}^N(\gamma_m-\bar{\gamma})^2$$

$$\bar{\gamma}=\frac{1}{N}\sum_{m=1}^N\gamma_m \tag{13}$$

$\sigma_0=1$ において求めた W の値を Table 3 で示す。この表より、有意水準 5% で棄却されるものは、 $N=8$ のときは「ツ」のみであり、 $N=36$ のときは棄却されるものは存在しない。

以上の検定の結果、各標準文字の N 個の特徴パラメータは、母平均 0、母分散 1 の正規母集団からの無作為抽出による標本集合であるとみなすことができる。

4. 位置ずれノイズ成分の統計的性質

この節では文字出現領域内を平均移動した図形と、標準文字図形との差の図形に関する等分散性空間上での展開係数の集合について調べる。この展開係数が位置ずれノイズ成分である。平行移動した図形は、第 2 節で定めた位置の正規化操作において正規点をずらして作るものとする。ここでは、位置ずれ量（文字図形が平行移動した距離： d ）が一定である場合の、あらゆる方向の平行移動についての、位置ずれノイズ成分の性質を調べる。

まず、ある図形がある特定の位置にずれたときに得られる N 個の展開係数の集合に対して、母集団を想

定する。この N 個のノイズ成分が母集団からの無作為抽出による標本集合であるとみられるかどうか検定する。前節と同様に連検定法を用いて、上下左右方向の平行移動により生じたノイズ成分について調べた。結果の一部は Table 1 のとおりである。

つぎにノイズ成分の分布型について調べる。具体的な数値は正規分布型を示しているの、正規分布型についての適合度検定を k -統計量に基づいて行なう。区分間隔 0.40、区分数 13 として、左右方向に 0.1mm だけずらした場合のノイズ成分について求めた歪度・過剰度は Table 4 のとおりである。かな文字 46 文字についてのそれぞれの歪度・過剰度は、おのおの $\pm 3\sigma_G$ の範囲におさまっているから、ノイズ成分の分布型は正規型と考えられる。他の位置ずれ方向についても同様の結果が得られる。

さらにある文字図形が、いろいろな方向に位置ずれした場合、それぞれのノイズ図形に関するノイズ成分の母集団の母平均、母分散の均一性を検定する。上記の正規分布型の検定の結果をふまえて、母分散の均一性の検定を、「ハートレー検定」¹⁰⁾でもって行なう。 i 方向にずれたときの位置ずれノイズ図形の第 m 番目の展開係数を γ_{mi} として

$$S_i^2=\frac{1}{N-1}\sum_{m=1}^N(\gamma_{mi}-\bar{\gamma}_i)^2 \tag{14}$$

Table 4 k -statistics of translation-noise.

	Right direction		Left direction			Right direction		Left direction	
	Skewness	Kurtosis	Skewness	Kurtosis		Skewness	Kurtosis	Skewness	Kurtosis
ア	.2494	-.7477	-.0339	-.4045	ノ	.0516	-.5135	.0407	-.3897
イ	.2172	-.4341	.1561	-.3305	ハ	-.0201	-.7632	.2681	-.7206
ウ	.0649	-.6272	.0411	-.8000	ヒ	.0472	-.2707	.2312	-.2075
エ	.1440	-.7300	-.1081	-.9473	フ	.2238	.1217	-.1332	-.4097
オ	.0932	-.4724	.3694	-.6112	ヘ	-.1647	-.5157	.2532	-.0781
カ	-.4732	-.5667	.1897	-.3238	ホ	.0178	-1.2094	.1191	-1.2283
キ	-.2338	-.9446	.5915	-.4604	マ	-.0522	-.5795	.2955	-.1260
ク	.1275	-1.2194	-.3203	-.5473	ミ	-.0109	.2200	.1748	-.0178
ケ	.2995	-.6034	.0339	-.4757	ム	-.3604	-.7924	.3262	-.3116
コ	-.3211	.0808	.5763	.6554	メ	.1123	-.6633	.1393	.0422
サ	.2863	-.3622	-.0162	-.7237	モ	.2342	-.4210	.0820	-.7761
シ	.1046	-1.4865	.0994	-1.3500	ヤ	.0698	.0029	-.0924	-.6284
ス	-.3147	-.7049	.2152	-.8023	ユ	.0272	-.3620	.0516	-.8885
セ	-.0105	-.8333	.2125	-.7756	ヨ	-.1698	.4266	.4399	.7062
ソ	.1188	-.3368	.0865	-.7128	ラ	.1141	.5780	.2752	.2707
タ	-.0803	-.6701	.1777	-.6805	リ	.2373	-.4142	.2336	-.6150
チ	.2704	-.2977	.2731	.5466	ル	.1063	-1.0324	.2091	-1.2644
ツ	.1226	-1.0627	.0691	-1.3709	レ	.0571	-1.4556	.0967	-1.3614
テ	.2131	-.4636	.0334	-.1041	ロ	.1419	-.7464	.3022	-.2685
ト	.0291	-1.0253	.3162	-.0379	ワ	.3162	-.6904	.0557	-.9679
ナ	.2704	-.7723	-.0889	-.6273	ヲ	.2700	.1499	.1405	.0974
ニ	-.1912	.0202	.4039	.7119	ン	-.0682	-1.2670	.4542	-.1335
ヌ	-.1430	-.7959	.1923	-.6793					
ネ	.1074	-.7434	.1496	-.5457					
					σ_G	0.3925	0.7681	0.3925	0.7681

($N=36$; number of classes: 13; class width: 0.40; displacement: 0.10 mm)

$$F_{\max} = \frac{\max S_i^2}{\min S_i^2} \quad (i=1, 2, \dots, z) \quad (15)$$

で求まる統計量 F_{\max} の値を計算する。 i としては上下左右の4方向を選ぶ。得られた結果は Table 5 のとおりであるから、5% の有意水準で棄却されるものは、 $N=8$ のときは「ハ」, 「ミ」のみであり、 $N=36$ のときは棄却されるものは存在しない。

つぎに母平均の均一性の検定を「 F -検定」¹⁰⁾を採用

して行なう。

$$S^2 = \frac{1}{z} \sum_{i=1}^z S_i^2; \quad \hat{\mu} = \frac{1}{z} \sum_{i=1}^z \bar{\gamma}_i$$

$$F = \frac{\sum_{i=1}^z N(\bar{\gamma}_i - \hat{\mu})^2 / (z-1) S^2}{1} \quad (16)$$

で求まる統計量 F は Table 6 のとおりである。有意水準 5% で棄却されるものは存在しない。

ここでは上下左右方向の位置ずれのみについて調べ

Table 5 F_{\max} -statistics of noise. (Testing homogeneity of population variance)

	$N=8$	$N=36$		$N=8$	$N=36$		$N=8$	$N=36$
ア	1.69	2.78	チ	2.67	1.24	ム	2.53	1.67
イ	1.67	1.60	ツ	1.24	2.86	メ	1.41	1.65
ウ	1.16	1.75	テ	4.25	1.85	モ	3.66	1.27
エ	1.75	1.16	ト	15.19	1.25	ヤ	2.02	1.76
オ	4.49	1.50	ナ	3.90	1.68	ユ	1.81	1.30
カ	1.57	1.57	ニ	13.88	1.55	ヨ	2.74	1.57
キ	2.75	1.95	ヌ	1.60	1.40	ラ	2.78	1.38
ク	2.89	1.93	ネ	2.28	1.10	リ	3.24	3.15
ケ	1.49	2.33	ノ	1.85	2.40	ル	1.34	1.45
コ	2.01	1.29	ハ	17.58	2.17	レ	6.80	2.39
サ	1.87	2.14	ヒ	2.04	1.64	ロ	1.51	1.41
シ	1.61	1.34	フ	1.88	2.06	ワ	1.57	3.07
ス	2.24	1.23	ヘ	1.16	1.63	ヲ	4.41	1.84
セ	1.54	1.73	ホ	4.94	1.99	ン	1.34	2.19
ソ	4.89	2.67	マ	2.16	1.73			
タ	2.81	1.43	ミ	28.70	1.15			

($z=4$; displacement: 0.10 mm)

Table 6 *F*-statistics of noise. (Testing homogeneity of population mean.)

	<i>N</i> =8	<i>N</i> =36		<i>N</i> =8	<i>N</i> =36		<i>N</i> =8	<i>N</i> =36
ア	1.475	.1464	チ	.749	0.288	ム	.915	.0412
イ	.016	.0007	ツ	.447	0.248	メ	.381	.0274
ウ	.272	.0186	テ	.707	0.411	モ	.736	.0303
エ	1.190	.0947	ト	.190	0.194	ヤ	.204	.0149
オ	.641	.0168	ナ	1.671	0.954	ユ	1.896	.1428
カ	.787	.0572	ニ	.842	.1223	ヨ	.614	.0411
キ	.031	.0009	ヌ	.352	.0223	ラ	.246	.0203
ク	2.708	.1839	ネ	.711	.0140	リ	.379	.0328
ケ	.851	.0315	ノ	.813	.0953	ル	.611	.0085
コ	2.153	.1968	ハ	.089	.0123	レ	.068	.0044
サ	.170	.0093	ヒ	.535	.0455	ロ	.383	.0399
シ	.496	.0192	フ	2.538	.3553	ワ	.402	.0411
ス	.440	.0260	ヘ	.036	.0031	ヲ	.239	.0230
セ	1.068	.0530	ホ	.140	.0020	ン	1.561	.1048
ソ	1.239	.0679	マ	1.144	.0753			
タ	2.528	.1164	ミ	.802	.0538			

(z=4; displacement: 0.10 mm)

たが、位置ずれ量が微小のときは、位置ずれノイズ図形は、位置ずれ量に関して線型構造をもつことが明らかになっているので、この4方向のみについて調べておけば充分である¹²⁾。

以上である標準文字図形が、いろいろな方向に平行移動したときに生じるそれぞれの場合のノイズ成分の母集団は、母平均と母分散が均一であると考えられることが検定できた。

さらに、各文字概念間の母集団の均一性について検

定する。このことを確かめるためには、個々の文字図形の、等分散性間上での *N* 個の展開係数が、母平均 μ_0 、母分散 σ_0^2 の正規母集団から標本抽出して得られた集合であることを検定しておけば充分である。

母平均 μ_0 、母分散 σ_0^2 の推定値を求める。母平均については、各文字図形には、各メッシュ上の値の和が零となるように、明度の正規化がほどこされているから、*N* 個の特徴パラメータの和は0に近くなる。このことより仮説 $H: \mu_0 = 0$ の検定を前節と同じ手法

Table 7 *T*-statistics of noise elements.

Direction	<i>T</i>				Direction	<i>T</i>			
	Right	Left	Down	Up		Right	Left	Down	Up
ア	-.1990	.2428	-.4661	.5401	ネ	-.0811	.0527	-.1526	.1032
イ	-.0073	.0478	-.0470	.0129	ノ	-.3417	.2180	-.3305	.1482
ウ	.1229	-.0103	-.0985	.2487	ハ	.1021	-.1327	-.0015	-.0586
エ	-.1403	.0659	-.4466	.2944	ヒ	.0796	-.1045	-.2652	.2563
オ	-.0439	-.0008	-.1616	.1340	フ	-.2243	.3308	-.7470	.8483
カ	.2689	-.2799	-.1475	.1355	ヘ	.0668	-.0553	.0245	.0454
キ	.0326	.0070	.0613	.0009	ホ	.0104	-.0394	-.0822	.0302
ク	-.1559	.2524	-.5425	.5623	マ	-.0907	.1447	-.3673	.3256
ケ	.0325	.0573	-.1904	.3176	ミ	-.0196	-.0275	-.3431	.2175
コ	-.0911	.1073	-.6022	.4361	ム	.0926	-.0965	.1966	-.3059
サ	.1168	-.0414	-.0156	.1648	メ	-.2153	.1318	-.1107	.0349
シ	.0696	-.0512	-.1950	.1232	モ	.0148	-.0142	-.1956	.2138
ス	-.1623	0.127	-.2654	.1021	ヤ	-.0187	.0620	-.1080	.2029
セ	.0324	-.0367	-.3151	.3190	ユ	-.1738	.1234	-.5601	.3496
ソ	-.0945	.2247	-.2876	.3737	ヨ	-.0019	.0032	-.2751	.1767
タ	-.1660	.2269	-.4065	.3621	ヲ	.1385	-.0597	-.0978	.1990
チ	-.0819	.1447	-.1264	.2179	リ	-.0034	.0850	-.2696	.3059
ツ	.0594	.0586	-.1665	.3498	ル	.0892	-.1167	-.0360	-.0168
テ	-.0619	.1361	-.2073	.3125	レ	.0698	-.0316	-.0772	.0381
ト	-.1142	.0922	-.1273	.1423	ロ	.0725	-.0429	-.2878	.2139
ナ	-.1216	.1920	-.3257	.4093	ワ	.0657	.0472	-.2742	.4217
ニ	-.1035	.0378	-.5289	.2448	ヲ	.0596	.0230	-.1327	.2973
ヌ	-.1301	.0336	-.2487	.1021	ン	-.0012	.0711	-.4410	.2924

(N=36; displacement: 0.10 mm)

Table 8 W-statistics of noise elements.

	W					W			
	Right	Left	Down	Up		Right	Left	Down	Up
ア	45.185	40.274	16.322	20.264	ネ	39.250	35.673	39.011	37.140
イ	40.415	38.795	25.181	26.231	ノ	24.020	25.101	10.465	10.696
ウ	47.561	50.562	31.598	28.987	ハ	35.980	49.715	22.901	25.467
エ	36.845	39.470	34.992	34.105	ヒ	35.408	43.079	33.347	26.298
オ	41.117	36.691	55.134	46.744	フ	24.684	24.273	12.155	13.650
カ	30.593	32.792	48.022	41.504	ヘ	28.257	36.957	24.513	22.655
キ	29.350	27.009	52.591	52.397	ホ	64.100	70.357	35.265	37.167
ク	37.404	35.880	19.571	23.374	マ	35.215	29.932	20.377	24.045
ケ	39.113	52.927	22.711	28.111	ミ	37.654	43.035	41.806	43.645
コ	21.886	22.724	23.822	28.380	ム	30.392	35.697	24.007	21.428
サ	44.786	53.626	25.098	28.182	メ	33.529	30.417	21.720	20.340
シ	75.815	56.738	57.037	72.621	モ	44.939	47.388	50.908	57.296
ス	33.048	37.489	30.592	34.294	ヤ	31.549	43.677	24.884	27.484
セ	49.972	49.867	30.229	33.341	ユ	31.959	35.090	27.282	32.166
ソ	42.970	42.186	16.151	20.222	ヨ	31.861	32.860	46.380	50.038
タ	37.926	37.724	26.596	37.609	ラ	33.880	39.469	28.551	30.984
チ	43.108	45.157	38.154	47.338	リ	48.446	53.904	17.159	22.158
ツ	52.532	63.696	22.280	22.691	ル	69.267	70.402	46.078	48.671
テ	55.383	52.106	33.222	30.078	レ	71.638	69.677	34.619	29.919
ト	16.430	20.558	20.464	20.428	ロ	52.727	45.918	37.493	40.076
ナ	40.147	34.444	23.897	30.724	ワ	62.272	59.481	21.498	20.400
ニ	12.920	15.544	19.496	20.109	ヲ	39.801	44.599	25.543	24.303
ヌ	45.693	45.599	32.641	40.892	ン	28.570	17.128	28.516	37.490

(N=36; displacement: 0.10 mm)

で行なう。かな文字46文字の上下左右方向の位置ずれについて得られた統計量 T の値は **Table 7** のとおりである。ただし、位置ずれ量は 0.10 mm, $N=36$ の場合について求めた値である。有意水準 1% でもって棄却されるものは存在しない。

また、母分散の推定値 σ^2 を求めるには、標本自乗平均値を使う。位置ずれ量 (d mm) の標本自乗平均値の各軸についての平均値 (c_d) は、 $N=8$ のとき $c_{0.1}=0.0775$, $N=36$ のとき $c_{0.1}=1.350$ であるから、これを σ^2 とおいて前節と同じ手法で検定を行なう。位置ずれ量 0.10 mm, 上下左右方向の位置ずれに関する

各ノイズ図形の W -統計量は **Table 8** で示したとおりである。位置ずれ量 0.20 mm のものを含めて、 46×8 個のデータ中、11個のみが有意水準 1% で棄却されるのみである。したがって、各母集団は、母分散として上記の自乗平均値を、共通してもつとみなしても棄却されない。

以上の諸検定の結果、個々の位置ずれノイズ図形の N 個の特徴パラメータは、母平均 $\mu_0=0$, 母分散 $\sigma_0^2=c_d$ の正規母集団からの無作為に近い抽出により得られる標本集団であるとみなせる。

一方、別の観点からノイズ成分の統計的性質を調べ

Table 9 k -statistics of noise elements around axis.

Axis No.	Skewness	Kurtosis	Axis No.	Skewness	Kurtosis	Axis No.	Skewness	Kurtosis
1	.0331	-.6088	14	.0440	-.3182	27	.3149	.4034
2	.0175	-.8241	15	.0733	-.3261	28	.0449	-.6870
3	.0641	-.6509	16	.1569	-.2993	29	-.0491	-.5591
4	.0296	-.5017	17	.0999	-.2470	30	.0562	-.3294
5	.0740	-.2131	18	-.1027	-.0394	31	-.1261	.0769
6	.2749	-.3645	19	.0598	-.3960	32	.2058	.3949
7	.1525	-.5893	20	.0660	-.3785	33	-.0437	-.5755
8	.0965	.5064	21	-.0457	-.9454	34	-.0976	-.6023
9	-.1019	-.3909	22	.0751	-.8951	35	.0673	-.8233
10	.1975	-.0511	23	-.1202	-.7858	36	.0136	-.7065
11	-.0832	-.3524	24	-.1639	-.0022			
12	.1293	-.2957	25	.1417	-.5985			
13	-.0106	-.7636	26	-.0514	-.3137			
						σ^2	.1791	.3564

(number of classes: 13; class width: 0.50; displacement: 0.10 mm)

Table 10 T, W -statistics of noise around axis. (displacement: 0.10 mm)

Axis No.	T	W	Axis No.	T	W	Axis No.	T	W
1	.3675	156.24	13	.0437	147.50	25	.2309	293.35
2	.0817	277.61	14	.0546	193.30	26	.2207	162.31
3	.7198	157.20	15	.2775	271.42	27	1.2102	114.16
4	.5019	159.99	16	.5490	160.98	28	1.6610	112.18
5	.2122	179.85	17	.0383	116.68	29	1.5137	110.94
6	.1759	175.06	18	.1824	191.01	30	.3492	115.60
7	.2533	139.95	19	.5376	226.74	31	.7838	147.71
8	.3902	118.06	20	1.0939	184.16	32	.4725	119.73
9	.0001	107.57	21	.4919	404.97	33	.9243	156.77
10	.2420	92.49	22	.2419	455.09	34	.1496	232.73
11	.3419	169.54	23	.6072	209.68	35	.1750	302.46
12	.2116	127.03	24	.5559	149.72	36	.4927	173.90

($\mu_0=0.000$; $\sigma_0^2=1.353$)

Table 11 k -statistics of standard elements around axis.

Axis No.	Skewness	Kurtosis	Axis No.	Skewness	Kurtosis	Axis No.	Skewness	Kurtosis
1	.2011	-.2085	14	.0558	.1283	27	.1358	-.1474
2	-.1322	-.5019	15	-.1732	-.5284	28	.0417	.6467
3	.3142	-.2955	16	-.1084	-.2791	29	.4670	-.2693
4	-.0020	-.5795	17	.1723	-.3091	30	-.4709	.5595
5	.0040	-.6533	18	-.1076	-.7103	31	-.4018	-.4746
6	-.4631	-.1928	19	.0536	.1000	32	.4381	-.5047
7	.0110	-.1826	20	.5482	.2022	33	.0513	-.0287
8	-.0383	-.5487	21	.5084	-.1380	34	.3441	-.7623
9	.4175	1.2065	22	.3305	.5331	35	.0357	-.5105
10	-.3515	.2090	23	-.4143	-.4695	36	.4596	.2140
11	.1208	-.2449	24	-.0782	-.7856			
12	.1937	-.4684	25	.1977	-.3306			
13	-.0837	-.8655	26	-.6821	.3291	σ_G	.3501	.6876

(number of classes: 13; class width: 0.40)

る。母集団の想定の方法として、個々の空間座標軸に関するあらゆる文字の展開係数の集合に対して母集団を考えることができる。いままでの検定によって明らかとなった結果と、文字概念の異なる文字図形は互いに独立であると考えられることから、あらゆる文字概念の、すべての位置ずれ方向のノイズ図形の特徴パラメータに関して、ノイズ成分の空間軸まわりの分布集合は、母平均 $\mu_0=0$ 、母分散 $\sigma_0^2=c_d$ の正規母集団からの標本集合であると考えられることができる。この仮定を適合度検定、 T -統計量、 W -統計量を用いて順に検定する。各空間軸まわりの分布に関する184個の標本集合について、求めた歪度・過剰度は **Table 9** で示したとおりである。また、 T -統計量、 W -統計量を **Table 10** で示しておく。母平均については有意水準5%で棄却されるものはない。母分散については、有意水準1%で棄却されるものが数個存在するが、一応空間軸まわりのノイズ成分の分布も、 $N(0, c_d)$ に従うと考えられる。なお、空間軸まわりの分布に関する標準文字図形46個の展開係数の集合についての正規分

布の適合度検定の結果は **Table 11** より棄却されないことがわかる。

5. 位置ずれノイズ成分の分布密度関数

前節では等分散性空間上での位置ずれノイズ成分の統計的性質を明らかにした。この節では実用上有用となる特徴空間上での位置ずれノイズ成分の分布構造を求める。

等分散性空間の構成方法により、特徴係数と特徴パラメータとの関係式は

$$\gamma_k = \sum_{m=1}^N \frac{u_{km}}{\sqrt{\lambda_m}} \beta_m \quad (k=1, 2, \dots, N) \quad (17)$$

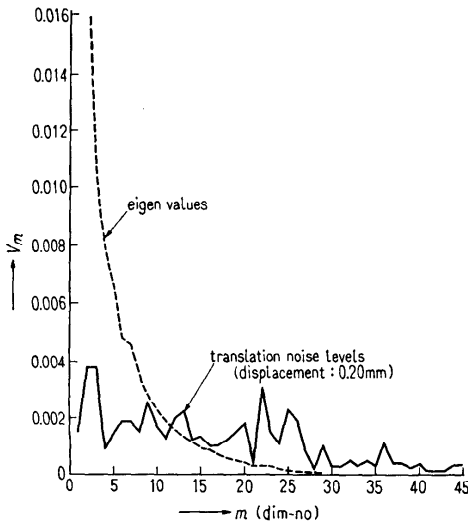
であるから、 γ_k が正規分布に従えば、 β_m も正規分布に従う。さらに N 個のパラメータ $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_N$ は互いに無作為に近いことがわかっている。さらにここでは、積極的に $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_N$ が互いに独立であると便宜上仮定する。また、特徴空間の N 次元部分空間内の位置ずれノイズ図形の特徴係数の集合 $\{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_N\}$ は、 N 変量母集団からの標本ベクトルであ

るとみられる。

一方、位置ずれ量が微小のとき、位置ずれノイズ図形は位置ずれれに関して線型構造をもつから、一定の位置ずれ量をもつ位置ずれノイズ図形の、特徴係数の各軸まわりの集合については、その平均値は0となる。また、特徴空間の座標まわりのノイズ成分の分散量については、標準文字集合の座標軸まわりの分散量である固有値と比較して、各軸とも同様であるとみなせることが、データより明らかになっている (Graph 1)。この事実に基づき各座標軸まわりの分散量は一定であると積極的にみなす。この分散量を Δ^2 とし、その値

$$\begin{cases} V_m = \frac{1}{46} \sum_{z=1}^z \sum_{r=1}^{46} \{\beta_{m, i^{(r)}}\}^2 \\ \Delta^2 = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N V_m \end{cases} \quad (18)$$

を上式でもって定める。



Graph 1 Comparison of Average power-spectras between the standard characters and the translation noise.

いままでの議論により、一定の位置ずれ量をもつ位置ずれノイズ成分については、特徴空間上での母集団分布密度関数を考えることができる。それを $w(\beta)$ で表わすと

$$\begin{cases} w(\beta) = \prod_{m=1}^N p(\beta_m, \Delta^2) \\ p(\beta, \Delta^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \Delta} e^{-\frac{\beta^2}{2\Delta^2}} \end{cases} \quad (19)$$

とおける。この分布密度関数に基づき、特徴空間上での位置ずれノイズ図形の平均ベクトルを計算すれば、

各軸成分は0となる。また、ノイズ図形の共分散マトリックスの対角要素は Δ^2 となる。

つぎに、このノイズ成分密度関数が、どの程度実際の値と一致するかを等分散性空間上で吟味する。

ノイズ図形を r で表わし、その平均ベクトルの第 k 軸要素を $\bar{\gamma}_k$ とし、 r の共分散マトリックスの k, l 要素を $\bar{\gamma}_k \bar{\gamma}_l$ とすれば、(17) 式、(19) 式を使うと

$$\bar{\gamma}_k = \sum_{m=1}^N \frac{u_{km}}{\sqrt{\lambda_m}} \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} w(\beta) \beta_m d\beta = 0 \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \bar{\gamma}_k \bar{\gamma}_l &= \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N \frac{u_{km}}{\sqrt{\lambda_m}} \frac{u_{ln}}{\sqrt{\lambda_n}} \int_{-\infty}^{\infty} \dots \\ &\int_{-\infty}^{\infty} w(\beta) \beta_m \beta_n d\beta \\ &= \Delta^2 \sum_{m=1}^N \frac{u_{km} u_{lm}}{\lambda_m} \end{aligned} \quad (21)$$

となる。さらに等分散性空間の作り方から

$$(x_k^*, x_l^*) = \sum_{m=1}^N \frac{u_{km} u_{lm}}{\lambda_m} \quad (22)$$

であるからこれを使えば

$$\bar{\gamma}_k^2 = \Delta^2 \mu_0 \quad (k=1, 2, \dots, N) \quad (23)$$

(18) 式、(19) 式、(23) 式に従って計算した値を理論値と呼ぶ、特性パラメータの集合の自乗平均値を実験値と呼ぶ。 $\bar{\gamma}_k^2$ に関する理論値と実験値を Table 12 で示す。この表より両者の値はほぼ一致しているといえる。

Table 12 Variance of character parameters around axis.

displacement	theoretical value		experimental value	
	$\bar{\gamma}_k^2$		$C_d = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{1}{46} \sum_{r=1}^{46} \beta_k^{i^{(r)2}}$	
	N=8	N=36	N=8	N=36
0.10 mm	0.080	1.36	0.078	1.35
0.20 mm	0.315	5.10	0.300	4.89

6. 符号間距離の分布

本節ではさらに、ノイズ成分についての (19) 式の分布密度関数の妥当性を、文字図形の符号間距離の分布の面から吟味する。そのため一文字図形の N 個の特徴パラメータより定まる文字図形の符号系が、位置ずれノイズ成分の混入により、どの程度変動するかを調べる。

特徴パラメータの符号化法して、その値が正ならば1、負ならば-1とし、符号長 N をもつ文字図形の符号系の符号間距離をハミング距離で定義する。等分

散性空間の座標軸まわりの特徴パラメータの分布は、各軸とも同一で、標準文字成分の場合は $N(0, 1)$ に従い、位置ずれノイズ成分の場合は、 $N(0, \bar{\gamma}_k^2)$ に従うことがわっている。また、ノイズ成分は加法的であるとみなしているから、各軸でのノイズの混入による符号反転確率 q は

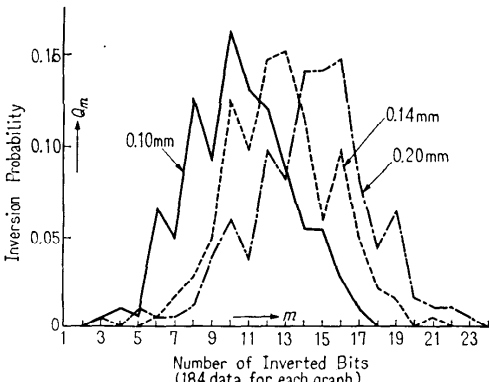
$$q = 2 \int_0^\infty \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{y^2}{2}} \int_{-\infty}^0 \frac{1}{\sqrt{2\pi\bar{\gamma}_k^2}} e^{-\frac{(x-y)^2}{2\bar{\gamma}_k^2}} dx dy$$

$$= \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \sqrt{\bar{\gamma}_k^2} \quad (24)$$

で求まる¹³⁾。さらに標準文字成分、ノイズ成分ともに、各軸間で相関がないことがわっているから、この q の値に基づいて、 N ビットの符号長で、 m ビットの符号が反転する確率 Q_m が二項分布として求まる。

$$Q_m = \binom{N}{m} q^m (1-q)^{N-m} \quad (25)$$

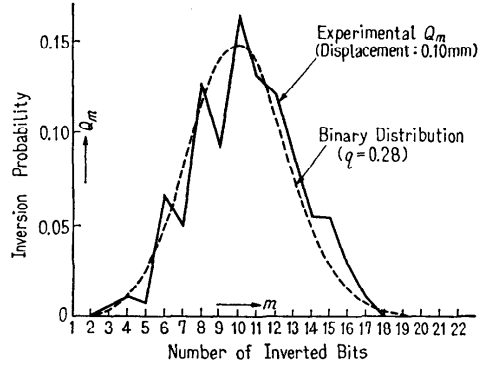
$N=36$ の場合について、シミュレーションより得られた Q_m の値を **Graph 2** で示す。このグラフ上での Q_m の分布に一番よく一致する q の値を実験値と呼べば、(24) 式から求まる理論値と実験値の対比は **Table 13** のとおりである。この表より両者はほぼ一致しているといえる。このことは各軸で相関がないことと、 q の値が適切であることを意味するから、(19) 式の分布密度関数の有効性を示すものである。さらに、符号反転確率 q と実データの Q_m -分布との対比を **Graph**



Graph 2 Variation of Sign-Inversion Probability.

Table 13 Probability of sign inversion.

displacement	q (N=36)	
	theoretical value	experimental value
0.10 mm	0.27	0.28
0.14 mm		0.34
0.20 mm	0.37	0.41



Graph 3 Comparison binary distribution with experimental Q_m distribution.

3 で示しておく。

7. 正規化処理の影響

本文中で論じた統計的性質は、前処理を経た文字図形について調べたものであるから、ここで得られた結果を一般的なものにするために、各種前処理による影響を述べる。一般に各文字図形が異なれば図形の重心位置は異なるから、個々の文字図形の重心位置を正規点にそろえておくことにより、重心のバラツキによる文字図形の集合のひろがりをおさえることができる。とくに、モーメント法による位置の正規化処理は、文字部の正規点まわりの分布量が均等になるため、平均図形 $\bar{\sigma}$ の成分を多く含むようになる。また、各文字図形の字型により、文字部・余白部の割合は異なるが、個々の文字図形の文字部・余白部のアナログ量の比率を同一にするのが明度の正規化であった。この処理により、各固有ベクトルの要素和が0となるから、文字図形をとらえる場での各空間座標軸が明度の変動によるかたよりを含まなくなる。したがって、個々の文字図形の展開係数の正負の割合が同程度になる。

以上の処理は、各文字図形の取り扱いを等しくするための処理であった。前節までの諸検定の最大の特徴であるどの文字概念に属する文字図形でも、同一の母集団からの標本集合であるとみられることは、これらの処理による効果と思われる。

またボケの処理は、本来連続的に平面上にひろがっている文字図形を、メッシュ化するさいに混入する非線型性を軽減する効果がある。そのため、微小位置ずれ図形を、連続関数の微小変形に近いものとして取り扱うことができる。さらに、位置ずれ方向が異なるノイズ図形も、ノイズ成分の母集団という点からみれば

ば、同一視できるのはこの処理に負っている。

さらに正準化処理により、文字図形集合の共通因子が除去されるから、標準文字図形の数を L とすれば、個々の文字図形は $L-1$ 次元の超平面に射影される。したがって、文字図形の定数項成分が除去された正準図形の第1固有ベクトルによる展開係数の値を母集団からの標本のなかに含めることが可能となる。

8. おわりに

個々の標準文字図形については、きれいな性質があらわれているが、これは前処理操作が適切であるためと考えられる。位置ずれノイズ成分に関しては、位置ずれ量が文字図形の線幅を越えない微小量である関係上、標準文字図形のもつ性質が反映して、それに準じた性質があらわれたと考えられる。ここでは位置ずれノイズ成分についてのみ検討したが、微小変形により生じるノイズは、ガウスノイズであるとみなす従来からの仮定の妥当性を裏付けたことになる。

ここで明らかになった性質が、等分散性空間の特定の空間だけで成り立つ性質でないことを確かめるために、かけはなれた次元数である8次元、36次元両空間について同種の検定を行なった。両空間ではほぼ同じ結果を得たので、次元数 N を任意に選んでも、本文で明らかとなった性質は成り立つと考えられる。

ここにおける統計的検討は、第二種の過誤の吟味が行なわれていないし、構造模型としても変則的なものである。しかし本研究は、等分散特徴パラメータを用いた文字識別方式の理論的検討を行なうために行なったものである。ここで明らかになった事実を基礎として、この方式に改良を加えることができる。それについては別の機会に述べる。

謝辞 本研究は ASPET '70 を開発する途上でしゅう録したデータを整理するために行なったものである。日ごろ研究のご指導をいただく飯島泰蔵飯島特別研究室長、末包数理基礎研究室長、森図形処理研究室

長、西村恕彦主任研究官、ご討論いただく各研究室の各員、とくに図表作成にあたって助力を得た佐々木久子研究員、および研究の機会を与えて下さった野田克彦電子計算機部長のみなさんに深く感謝する。

参考文献

- 1) 飯島：パターン認識，日刊工業新聞社，昭44.
- 2) Satoshi Watanabe: Methodologies of pattern recognition, Academic Press, 1969.
- 3) 野口，飯島：等分散特徴パラメータを用いた文字識別法，情報処理，Vol. 12, No. 1, 1971年1月.
- 4) 飯島，野口：鏡面間図形の処理理論，オートマトン研究会資料，1969年3月.
- 5) 吉村，山崎，飯島：文字図形の重心とひろがりについて，情報処理，Vol. 9, No. 5, 1968年9月.
- 6) 吉村，飯島：文字字体の一設計法，情報処理，Vol. 11, No. 3, 1970年3月.
- 7) F. S. Swed and C. Eisenhart: Tables for testing randomness of grouping in a sequence of alternatives, Ann. Math. Stat. Vol. 14, 1943.
- 8) 小河原訳 (Wilks, S. S. 原著): 数理統計学，春日出版，1952.
- 9) 増山：少数例のまとめ方 I，竹内書店，pp. 24-28, 1964.
- 10) 竹内：数理統計学，東洋経済，昭44.
- 11) D. B. Owen: Handbook of statistical tables, Addison-Wesley, 1962.
- 12) 野口，佐々木，飯島：位置ずれ文字集合の解析法，連合大会，昭44.
- 13) 森口，宇田川，一松：数学公式 I，p. 233，岩波書店，1965. 数学公式 II，p. 54, p. 143，岩波書店，1965.
- 14) 鳥脇，福村：雑音をともなう二次元図形の境界の一識別法，信学論 (C)，51-C, 2, 昭43.
- 15) T. M. Cover: Geometrical and statistical properties of systems of linear inequalities with applications in pattern recognition, IEEE Trans. on Electronic Computers, June 1965.
(昭和45年5月29日受付，
昭和45年10月26日再受付)