



手書文字の変動解析*

森 俊二** 山田 博三** 斉藤 泰一** 宮川 達夫***

Abstract

A performance of OCR depends much on the quality of input characters. Never the less, there is no definite description for the quality of characters which the OCR can read. Such a unreasonable situation derives from the fact that we have no through grasp on the variation of characters, especially handprinted. In this sense, some analyses of the variation of unconstrained handprinted characters are attempted.

From the points of view of matching and structural analysis, we employ entropy and connectivity respectively as quantitative measure of variation. Finally, we give the classification of variation by the intuition of researchers who are engaged in the research on OCR. The data base which we used consists of 140,000 alphanumeric and kana characters written by 1,400 different authors.

1. ま え が き

最近 OCR, なかでも手書文字用の OCR の研究開発が盛んである。昨年 1975 年の 11 月, 晴海で開かれたデータショーでも, 10 社に余る会社が, その商品化されたもの, またはミニコンによる実験機を発表していた。良く読んでいたものもあったし, そうでないものもあった。そこで, 一体何%ぐらいの読取率ですか, という質問を試みた。ずばり答える人はまずない。何かはぎれの悪い返事が帰ってくる。こちらの指示通りにきちんと書いて下されば 98%はいきますが, といった返事である。

OCR の最も重要な性能は読取率である。なお, ここで読取率とは, 正読率, 読取不能(拒否)率, 誤読率の三つをまとめて指すものとする。しかしこの重要な性能表現の極めて曖昧であることは, OCR 技術者, 研究者の, いわば常識である。

しかし, この常識は困ったものである。ユーザにとっても迷惑な話である。最も肝心の所で, 性能がはっ

きりしないという機械は, 今まで聞いたことがない。しかしながら, この問題の根は深い。それは, 文字そのものの曖昧さに根ざしているからである。われわれはまだ文字それ自身を正確に捕えていないのである。その意味において, われわれはまず, 昭和 48 年, パターン情報処理システムの大型プロジェクトの一環として自由に書かれた手書文字のデータバンク****を作成した¹⁾, そして種々の側面からその解析を続けてきた。手書 OCR の本格的実用化が間近に迫っており, それに伴い OCR 用手書文字規格化の動きと, このような時期に, この解析資料により, 手書文字の実体をいくらかでも把握していただく事は, 意義あることであると思われる。

2. 手書文字の変動

手書文字は大きく変動する。その大きさ, 形が変化する。しかしこの変動には質的に異なった二種類のものがあると思われる。われわれはそこで変動を次の如く分類する。

- (1) 第一次変動
- (2) 第二次変動

ここで第一次変動とは, 形によらない共通にある変動であり, その代表例は文字の大きさの変動である。その他, 文字の傾き, または低次の量としてはその線

* Some Variation Analyses of Handprinted Characters by Shunji MORI, Hiromitsu YAMADA, Taiichi SAITO (Electrotechnical Laboratory) and Tatsuo MIYAGAWA (Fujitsu Laboratories)

** 電子技術総合研究所

*** (株)富士通研究所

**** 簡単な説明については附録を参照されたい

幅などがある。この変動を捕えること、またはこの変動に対し不変であるような特徴を抽出することが基本的に要求される。したがって、まず出発点としてその変動の量を確実に把握することが必要である。例えば手書文字の大きさは、許容される最大の大きさの $1/3 \sim 1/4$ の変動は見込まなければならない。また文字線幅であるなら、 60×60 メッシュで観測するとして、たとえHBの鉛筆のみを使用するという条件下でも $1 \sim 8$ メッシュの変動は覚悟しなければならない。

われわれはこの第一次変動について、前述のデータバンクの解析による、詳細なデータを持っているが、ここでは紙面の都合上、それについては追って出版される文献²⁾を参照されたい。

われわれが、興味を持つのはもう一つの変動である第二次変動である。手書文字の最大の特徴はその形の変動にあるといえるからである。

3. 形の変動

しかし、その形の変動をどのように表現するのか、そこに大きな問題がある。この表現方法は直接的に読取方式につながるからである。現在、既に多くの読取方式があり、それぞれに変動の表現法がある。したがって、変動の表現はできるだけ、それらに共通する考え方であって、納得のいくものでなければならない。

OCRの読取方式としては、よくいわれる如く、重ね合わせ方式と構造解析法がある。前者は印刷文字に、後者は手書文字に適用されてきたが、最近では重ね合わせ方式も、手書文字読取方式に採用されるようになった。根本的には、この二つが融合した手法が必要なのであろう。しかし、ともかくこの二つの手法は、それぞれ基本的でかつ重要であろうと思われるので、われわれは、まずこの二つの立場に立って、変動を捕えることにした。

重ね合わせの立場としては、エントロピー、構造的な立場としては、位相的特徴として黒地の連結数とループの数を採用した。これらの採用にあたっては、その意味もさることながら、この量が計算機によって高速に計算できるということは、實際上重要な必要条件である。

そして最後に、人間による手書文字の形の分類を示し、人間は直観的に、いかなる特徴を形の変動として捕えるか、また自由手書はいかなる変動を持つものであるかを、統計的に出した。以下これらについて、若干の説明とデータを示そう。

3.1 エントロピー

一般に画像の情報は次の如く与えられる。各標本値の振幅レベルをいま n とする。 i 番目のレベルが $p(i)$ の確率で発生するとき、その画素の持つ平均の情報量を

$$H(x) = - \sum_{i=1}^n p(i) \cdot \log_2 p(i) \quad (1)$$

で定義する。

この時、 N 個の画素で構成される1枚の画像の平均情報量は次の式で与えられる。

$$H = \frac{1}{N} \sum_{x=1}^N H(x)$$



Fig. 1 Superimposed patterns of unconstrained handprinted kana characters.

今、われわれはこれを、文字に適用して、その意味あいからエントロピーと呼ぶ。なお、ここでは $n=2$ とする。

このエントロピーは、文字という具体的な対象に対し、それらを全て大きさ一定に正規化したとすると、重ね合わせの立場での、変量としての意味を持つてくる。まず正規化文字を、1, 0 で表わし、それを重ね合わせて見る。これがカナ文字について Fig. 1(前頁参照) に示されている。この図で、ばやっと広がっているのは、変動が激しいのであり、せまい領域に局在するものは、変動が少ないのである。この図から直観的に前者の例として 'ル'、後者の例として 'ノ' を上げることには、そんなに異存はないであろう。エントロピーは、正にこの直観の定量化したものである。実際、Table 1 に示す如く 'ル' のエントロピーは 0.708、一方、'ノ' のそれは 0.401 であり、それぞれ最大、最小である。

さてエントロピーが変動の巨視的な測度として意味を持つのであれば、ある程度の書き方規則* に従って書かれた文字、われわれはそれを常用手書文字と名付けているが、その常用手書文字のエントロピーは常に自由手書のそれよりも小さいであろうということが予想される。それが Table 1 には対比して示されている。

1, =, /, の特殊な例を除いて、上の予想の正しさが実験的に示されている。これら特殊な文字にエントロピーの差がないのは形が単純な故に大きさの正規化をすると両者に変動の差がなくなるということではないかと思われる。逆にいえば、これらの文字の変動は、いわばほとんど第一次変動であるということである。数値そのものの絶対値の感覚には、次の事が役立つであろう。即ち同一人物が同一文字を何回も書いた場合のエントロピーは、例えば 'サ' では 0.374 である。なお実験に使用したサンプル数は、英数字では、各文字概念ごとに 100 コ、カナ文字では 50 コである。

3.2 連結成分数とループ数

文字のおそらく最も基本的でありかつ単純な位相的性質は、黒地の連結性とループの存在である。そこで、これらの変量として連結成分数とループ数を考えることは自然である。ここで、黒地が一つの領域としてつながっているとき、それを一つの連結成分とみる。ループ数は自明であろう。

* この種の書き方規則は OCR メーカーから出されているが、現在これを統一しようとしており、これについての専門委員会が作られている。詳しくは、日本電子工業振興協会から出されている 'OCR 手書文字認識評価関連調査報告書' を参照されたい

Table 1 Entropy comparison between unconstrained handprinted character with handprinted common-use character.

a) Alphanumeric and special character.

文 字	エントロピー		文 字	エントロピー	
	自由手書文字	常用手書文字		自由手書文字	常用手書文字
N 0	0.620	0.448	A P	0.580	0.522
N 1	0.679	0.674	A Q	0.734	0.679
N 2	0.686	0.536	A R	0.731	0.608
N 3	0.633	0.521	A S	0.742	0.638
N 4	0.722	0.661	A T	0.426	0.318
N 5	0.773	0.689	A U	0.599	0.405
N 6	0.696	0.588	A V	0.607	0.453
N 7	0.567	0.436	A W	0.727	0.609
N 8	0.725	0.709	A X	0.573	0.475
N 9	0.689	0.606	A Y	0.505	0.384
A A	0.631	0.555	A Z	0.639	0.523
A B	0.761	0.616	S ♯	0.656	0.573
A C	0.510	0.395	S +	0.501	0.417
A D	0.689	0.561	S -	0.518	0.423
A E	0.666	0.559	S *	0.677	0.587
A F	0.563	0.453	S /	0.206	0.206
A G	0.724	0.625	S =	0.546	0.557
A H	0.624	0.490	S (	0.410	0.392
A I	0.655	0.418	S)	0.423	0.409
A J	0.532	0.444	S .	0.399	0.388
A K	0.648	0.539	S ,	0.605	0.576
A L	0.502	0.307	S	0.479	0.410
A M	0.695	0.575	S *	0.399	0.299
A N	0.701	0.605	ALL	0.908	0.913
A O	0.639	0.630			

b) Kana character

文 字	エントロピー		文 字	エントロピー	
	自由手書文字	常用手書文字		自由手書文字	常用手書文字
K ア	0.481	0.445	K ノ	0.401	0.309
K イ	0.502	0.442	K ハ	0.444	0.391
K ウ	0.566	0.492	K ヒ	0.532	0.511
K エ	0.568	0.460	K フ	0.477	0.446
K オ	0.602	0.554	K ヘ	0.433	0.358
K カ	0.676	0.579	K ホ	0.599	0.548
K キ	0.627	0.593	K マ	0.853	0.468
K ク	0.559	0.465	K ミ	0.592	0.559
K ケ	0.546	0.477	K ム	0.542	0.477
K コ	0.527	0.438	K メ	0.518	0.444
K サ	0.577	0.494	K モ	0.609	0.532
K シ	0.582	0.541	K ヤ	0.577	0.517
K ス	0.540	0.475	K ユ	0.585	0.494
K セ	0.660	0.600	K ヨ	0.687	0.527
K ソ	0.530	0.418	K ラ	0.613	0.517
K タ	0.607	0.532	K リ	0.553	0.445
K チ	0.566	0.504	K ル	0.708	0.629
K ツ	0.596	0.500	K レ	0.506	0.409
K テ	0.572	0.475	K ロ	0.671	0.504
K ト	0.457	0.418	K ワ	0.521	0.441
K ナ	0.518	0.436	K ヲ	0.632	0.540
K ニ	0.573	0.416	K ン	0.634	0.468
K ヌ	0.577	0.557	ALL	0.842	0.822
K ネ	0.630	0.558			

しかし、ここで注意しなければならないのは、格子上の1,0パターンでは二通りの連結がある³⁾。それは格子点の上下左右方向に関するつながりを表わす4連結と上下左右さらに斜め方向のつながりを表わす8連結である。しかしここでは黒地の連結として8連結を

採用する。このとき、自動的に、白地の場合は4連結となる。例えば、格子上の平面对角線上に並ぶ各行1点ずつの直線(黒地)は8連結の故に連結している。しかもこの対角線は平面を二つの自領域に分けると考えるのが常識的である。したがって、この二つに分け

Table 2 Number of connected components and number of loops

a) Alphanumeric and special character.

文字	連結成分数					ループ数			
	1	2	3	4	5	0	1	2	3
0	1421	1	0	0	0	23	1382	16	1
1	1440	4	0	0	0	1388	56	0	0
2	1444	0	0	0	0	1210	231	3	0
3	1444	0	0	0	0	1432	12	0	0
4	1444	0	0	0	0	1009	435	0	0
5	1323	121	0	0	0	1441	3	0	0
6	1489	0	0	0	0	42	1446	1	0
7	1379	65	0	0	0	1441	3	0	0
8	1444	0	0	0	0	1	116	1321	6
9	1441	3	0	0	0	53	1388	3	0
A	1421	24	0	0	0	76	1363	6	0
B	1440	5	0	0	0	57	275	1109	4
C	1445	0	0	0	0	1437	8	0	0
D	1392	53	0	0	0	151	1283	11	0
E	1297	129	15	4	0	1441	4	0	0
F	1335	104	6	0	0	1444	1	0	0
G	1308	123	14	0	0	1204	227	23	1
H	1349	95	1	0	0	1445	0	0	0
I	1365	80	0	0	0	1444	1	0	0
J	1344	101	0	0	0	1433	12	0	0
K	1391	54	0	0	0	1440	5	0	0
L	1442	2	0	0	0	1444	0	0	0
M	1348	97	0	0	0	1444	1	0	0
N	1427	17	0	0	0	1444	0	0	0
O	1289	155	0	0	0	38	1373	33	0
P	1435	9	0	0	0	121	1320	3	0
Q	1438	2	0	0	0	9	221	1191	19
R	1306	137	0	0	0	147	1272	24	0
S	1429	14	0	0	0	1419	24	0	0
T	1373	70	0	0	0	1443	0	0	0
U	1436	7	0	0	0	1436	7	0	0
V	1435	7	0	0	0	1268	174	0	0
W	1427	16	0	0	0	1290	65	88	0
X	1442	0	0	1	0	1441	2	0	0
Y	1421	20	0	0	0	1440	1	0	0
Z	1441	1	0	0	0	1392	46	4	0
¥	1396	37	1	0	0	1385	39	7	3
+	1440	2	0	0	0	1440	2	0	0
-	1441	1	0	0	0	1442	0	0	0
*	1439	3	0	0	1	1439	4	0	0
/	1441	1	0	0	0	1442	1	0	0
=	22	1422	0	0	0	1441	3	0	0
)	1441	1	0	0	0	1442	0	0	0
(	1440	2	0	0	0	1442	0	0	0
.	1440	1	0	0	0	1439	1	1	0
,	1444	0	0	0	0	1443	1	0	0
[	1437	7	0	0	0	1444	0	0	0
v	1440	1	0	0	0	1410	25	6	3

b) Kana character.

文字	連結成分数					ループ数			
	1	2	3	4	5	0	1	2	3
ア	1237	174	0	0	0	1189	222	0	0
イ	1350	60	1	0	0	1411	0	0	0
ウ	816	518	77	0	0	1410	1	0	0
エ	1332	76	3	0	0	1410	1	0	0
オ	1382	29	0	0	0	1367	44	0	0
カ	1411	0	0	0	0	1230	180	1	0
キ	1411	0	8	0	0	1379	31	1	0
ク	1381	30	0	0	0	1410	1	0	0
ケ	1295	108	0	0	0	1411	0	0	0
コ	1381	30	0	0	0	1411	0	0	0
サ	1411	0	0	0	0	1399	12	0	0
シ	13	84	1314	0	0	1411	0	0	0
ス	1362	49	0	0	0	1411	0	0	0
セ	1411	0	0	0	0	1090	321	0	0
ソ	74	1337	0	0	0	1411	0	0	0
タ	1353	54	4	0	0	679	731	0	1
チ	897	514	0	0	0	1222	188	1	0
ツ	13	125	1273	0	0	1411	0	0	0
テ	14	1336	57	0	0	1407	0	0	0
ト	1369	42	0	0	0	1411	0	0	0
ナ	1410	0	0	0	0	1408	2	0	0
ニ	1	1410	0	0	0	1411	0	0	0
ヌ	1410	1	0	0	0	1371	40	0	0
ネ	609	740	56	6	0	1410	1	0	0
ノ	1410	1	0	0	0	1411	0	0	0
ハ	6	1404	1	0	0	1411	0	0	0
ヒ	1286	124	0	0	0	1410	0	0	0
フ	1410	1	0	0	0	1411	0	0	0
ヘ	1406	4	1	0	0	1411	0	0	0
ホ	18	232	1161	0	0	1395	16	0	0
マ	1336	75	0	0	0	1394	17	0	0
ミ	10	37	1361	2	0	1409	1	0	0
ム	1326	84	1	0	0	1401	8	0	0
メ	1407	3	0	0	0	1410	0	0	0
モ	1146	265	0	0	0	1403	8	0	0
ヤ	1410	0	0	0	0	352	878	0	0
ユ	1324	87	0	0	0	1411	0	0	0
イ	1370	41	0	0	0	1411	0	0	0
エ	1327	60	4	0	0	1410	1	0	0
ヨ	1269	128	14	0	0	1407	4	0	0
ラ	3	1408	0	0	0	1411	0	0	0
リ	2	1408	1	0	0	1411	0	0	0
ル	12	1397	2	0	0	1411	0	0	0
レ	1411	0	0	0	0	1411	0	0	0
ロ	1318	88	5	0	0	344	1067	0	0
ワ	1208	203	0	0	0	1411	0	0	0
ヰ	1392	19	0	0	0	140	1263	8	0
ヱ	728	559	123	1	0	1410	1	0	0
ウ	1154	248	9	0	0	1183	228	0	0
ヲ	1323	87	0	0	0	1405	5	0	0
ン	19	1392	0	0	0	1411	0	0	0

られた白領域は、それが対角線上に接続していても、連結しているとみなされない。即ち4連結を取らざるを得ない。

連結成分を求めるには種々の方法が提案されているが³⁾、ここでは輪郭線を追跡する方法によることにし

た²⁾。この方法によれば、連結成分数とループ数を同一アルゴリズムで高速に求めることができる。

結果が Table 2 (前頁参照) に示されている。まず数字について、連結成分数を見ると、文字の一筆書きと二筆書きの差が、はっきり出ている。'5' と '7' 以

Table 3 Intuitive classification of character shapes
a) Alphanumeric and special character.

0	83.19	/	73.39	2	41.13	√	51.21	4	34.68	5	66.13	6	76.21	7	79.84	8	77.42
D	5.04	1	13.31	λ	31.85	3	39.11	4	23.39	5	24.60	6	14.52	7	7.66	8	8.06
0	4.20	1	11.69	2	9.27	3	3.63	4	22.98	5	6.45	6	5.65	7	6.45	8	6.85
o	3.36	1	1.61	2	4.84	3	2.82	4	8.06	5	2.02	6	3.63	7	4.03	8	4.84
u	2.10			2	4.44	3	2.82	4	5.24	5	0.40			7	0.40	8	0.81
Δ	1.26			2	3.23	3	0.81	4	4.84	5	0.40			7	0.40	8	0.40
Δ	0.42			2	2.82			4	0.81					7	0.40	8	0.40
o	0.42			2	2.42			4	0.81					7	0.40	8	0.40
9	88.71	¥	54.44	+	78.23	-	82.26	*	87.10	/	99.19	=	69.35	(	90.32	)	94.35
9	9.68	¥	39.92	+	7.26	-	8.47	*	7.26	/	0.57	=	17.34	(	7.26	)	3.63
9	0.81	¥	4.03	+	6.86	-	5.24	*	5.24	/		=	8.87	(	1.61	)	1.21
p	0.40	¥	2.02	+	4.44	-	4.03	*	0.40	/		=	2.82	(	0.81	)	0.40
p	0.40	¥	1.61	+	2.42	-		*		/		=	1.61	(		)	0.40
p	0.40	¥	1.61	+	0.81	-		*		/		=		(		)	0.40
•	98.80	◊	92.71	◻	63.56	▼	98.79										
•	1.20	)	5.26	◻	26.32	◻	0.81										
		◊	2.04	◻	7.29	◻	0.40										
				◻	2.83												
A	82.66	B	88.31	C	86.70	D	80.65	E	94.76	F	39.11	G	65.59	G	0.81	H	88.71
A	10.48	B	4.84	C	7.26	D	11.69	E	3.63	F	25.00	G	17.00	G	0.81	H	6.05
A	2.02	B	2.02	C	6.05	D	2.02	E	0.81	F	14.92	G	3.24	G	0.40	H	2.42
A	1.21	B	2.02			D	1.61	E	0.40	F	12.10	G	3.24	G	0.40	H	1.21
A	1.21	B	1.21			D	1.61	E	0.40	F	4.84	G	2.43	G	0.40	H	1.21
A	0.81	B	0.81			D	1.21	E		F	2.42	G	2.43	G	0.40	H	0.41
A	0.81	B	0.40			D	0.81	E		F	0.81	G	2.02	G	0.40	H	
A	0.81	B	0.40			D	0.40	E		F	0.81	G	1.62	G	0.40	H	
I	68.15	J	79.59	K	60.48	L	59.92	M	82.66	N	69.76	O	76.11	P	75.40	Q	84.21
I	18.15	J	9.39	K	35.89	L	19.43	M	8.47	N	25.40	O	12.90	P	9.27	Q	6.88
/	13.71	J	4.49	K	1.61	L	9.72	M	6.88	N	2.42	O	5.67	P	5.24	Q	4.86
		J	3.67	K	0.81	L	4.05	M	0.81	N	0.81	O	2.02	P	4.84	Q	2.83
		J	1.22	K	0.40	L	3.24	M	0.40	N	0.81	O	1.62	P	4.03	Q	0.81
		J	0.81	K	0.40	L	2.02	M	0.40	N	0.40	O	1.21	P	0.81	Q	0.40
		J	0.81	K	0.40	L	0.81	M	0.40	N	0.40	O	0.40	P	0.40	Q	0.40
		J	0.81	K	0.40	L	0.81	M	0.40	N	0.40	O	0.40	P	0.40	Q	0.40
R	79.84	S	62.50	T	91.13	U	63.71	V	82.29	W	85.02	X	95.57	Y	92.71	Z	45.56
R	12.90	S	28.23	T	7.40	U	21.14	V	10.48	W	6.88	X	0.41	Y	5.26	Z	34.68
R	3.63	S	7.26	T	2.42	U	12.90	V	1.21	W	6.48	X	0.41	Y	0.41	Z	7.26
R	1.61	S	0.81	T	0.81	U	1.21	V	1.21	W	0.81	X	0.41	Y	0.41	Z	6.05
R	0.81	S	0.40	T	0.81	U	0.41	V	0.41	W	0.81	X	0.41	Y	0.41	Z	2.02
R	0.81	S	0.40	T	0.81	U	0.41	V	0.41	W	0.81	X	0.41	Y	0.41	Z	1.21
R	0.40	S	0.40	T	0.81	U	0.41	V	0.41	W	0.81	X	0.41	Y	0.41	Z	1.21
		S	0.40	T	0.81	U	0.41	V	0.41	W	0.81	X	0.41	Y	0.41	Z	0.81
		S	0.40	T	0.81	U	0.41	V	0.41	W	0.81	X	0.41	Y	0.41	Z	0.81
		S	0.40	T	0.81	U	0.41	V	0.41	W	0.81	X	0.41	Y	0.41	Z	0.40

b) Kana character.

ア	%	イ	%	ウ	%	エ	%	オ	%	カ	%	キ	%	ク	%	ケ	%	コ	%
ア	40.73	イ	83.47	ウ	33.11	エ	83.47	オ	46.77	カ	59.27	キ	39.11	ク	34.68	ケ	61.69	コ	89.11
ア	17.74	イ	8.06	ウ	25.40	エ	11.29	オ	27.82	カ	29.84	キ	27.42	ク	29.03	ケ	30.24	コ	7.66
ア	14.52	イ	7.26	ウ	11.69	エ	2.02	オ	10.48	カ	5.65	キ	21.77	ク	14.92	ケ	2.82	コ	1.21
ア	14.11	イ	0.81	ウ	10.89	エ	1.61	オ	9.68	カ	4.44	キ	8.47	ク	13.71	ケ	1.61	コ	0.81
ア	6.05	イ	0.40	ウ	7.26	エ	1.61	オ	2.82	カ	0.81	キ	3.23	ク	3.23	ケ	1.21	コ	0.81
ア	4.84			ウ	2.82			オ	2.02			キ	2.82	ケ	1.21	コ	0.40		
ア	2.01			ウ	1.61			オ	0.40			キ	1.21	ケ	0.40	コ	0.40		

サ	%	シ	%	ス	%	セ	%	ソ	%	タ	%	チ	%	ツ	%	テ	%	ト	%
サ	41.94	シ	39.52	ス	65.73	セ	38.31	ソ	55.24	タ	26.05	チ	26.56	ツ	77.64	テ	53.47	ト	57.89
サ	31.85	シ	27.42	ス	19.76	セ	34.68	ソ	33.87	タ	10.92	チ	25.31	ツ	10.98	テ	14.29	ト	12.15
サ	23.79	シ	18.15	ス	11.69	セ	10.08	ソ	7.26	タ	10.08	チ	12.45	ツ	5.69	テ	11.02	ト	10.53
サ	2.42	シ	6.05	ス	1.61	セ	6.85	ソ	3.23	タ	10.08	チ	11.20	ツ	3.25	テ	6.12	ト	6.88
		シ	2.82	ス	0.81	セ	3.63	ソ	0.40	タ	7.14	チ	9.54	ツ	1.22	テ	4.90	ト	4.45
		シ	2.82	ス	0.40	セ	3.63			タ	5.88	チ	7.88	ツ	0.81	テ	3.67	ト	3.64
		シ	1.21			セ	2.02			タ	5.88	チ	7.05	ツ	0.41	テ	2.86	ト	2.02
		シ	1.21			セ	0.81			タ	5.88			ツ		テ	2.86	ト	1.21
		シ	0.40			セ				タ	5.04			ツ		テ	2.86	ト	1.21
						セ				タ	4.62			ツ		テ	0.82	ト	1.21

ナ	%	ニ	%	ヌ	%	ネ	%	ノ	%	ハ	%	ヒ	%	フ	%	ヘ	%	ホ	%
ナ	53.04	ニ	52.44	ヌ	32.37	ネ	44.67	ノ	52.67	ハ	43.55	ヒ	42.62	フ	51.63	ヘ	42.15	ホ	59.76
ナ	15.79	ニ	17.48	ヌ	24.48	ネ	21.72	ノ	22.22	ハ	26.21	ヒ	24.18	フ	26.42	ヘ	36.36	ホ	10.98
ナ	13.79	ニ	8.13	ヌ	16.18	ネ	8.61	ノ	9.88	ハ	15.32	ヒ	5.74	フ	8.13	ヘ	7.44	ホ	8.13
ナ	8.91	ニ	6.50	ヌ	14.52	ネ	6.15	ノ	8.64	ハ	9.27	ヒ	4.51	フ	7.72	ヘ	5.79	ホ	6.91
ナ	5.67	ニ	4.88	ヌ	4.98	ネ	5.33	ノ	6.58	ハ	4.03	ヒ	4.51	フ	4.47	ヘ	4.55	ホ	5.28
ナ	2.83	ニ	3.66	ヌ	3.73	ネ	4.51			ハ	1.61	ヒ	4.51	フ	2.89	ヘ	4.07		
		ニ	3.25	ヌ	3.73	ネ	3.69					ヒ	3.28			ホ	2.44		
		ニ	2.44			ネ	2.05					ヒ	3.28			ホ	2.03		
		ニ	1.22			ネ	1.64					ヒ	3.28			ホ	2.03		
						ネ	0.82					ヒ	3.28			ホ	0.41		
						ネ	0.82					ヒ	3.28			ホ	0.41		

マ	%	ミ	%	ム	%	メ	%	モ	%	ヤ	%	ユ	%	ヨ	%	ラ	%	リ	%
マ	83.87	ミ	92.74	ム	97.18	メ	85.06	モ	85.89	ヤ	67.34	ユ	75.81	ヨ	93.15	ラ	95.56	リ	89.92
マ	4.44	ミ	2.02	ム	1.21	メ	12.50	モ	10.89	ヤ	25.81	ユ	18.55	ヨ	4.03	ラ	3.23	リ	6.85
マ	2.82	ミ	1.21	ム	0.81	メ	2.42	モ	1.61	ヤ	2.42	ユ	2.82	ヨ	1.61	ラ	1.21	リ	2.42
マ	2.42	ミ	1.21	ム	0.40	メ		モ	0.81	ヤ	0.81	ユ	2.02	ヨ	0.40			リ	0.81
マ	2.42	ミ	0.81	ム	0.40			モ	0.40	ヤ	0.81	ユ	0.40						
マ	0.81	ミ	0.81					モ	0.40	ヤ	0.81	ユ	0.40						
マ	0.81	ミ	0.40					モ	0.40	ヤ	0.40	ユ	0.40						
マ	0.40	ミ	0.40					モ	0.40	ヤ	0.40	ユ	0.40						

ル	%	レ	%	ロ	%	ワ	%	ヲ	%	ン	%
ル	88.31	レ	95.97	ロ	57.26	ワ	28.63	ヲ	80.65	ン	77.02
ル	7.26	レ	1.61	ロ	11.69	ワ	21.77	ヲ	10.08	ン	11.69
ル	2.82	レ	1.61	ロ	8.06	ワ	15.92	ヲ	5.24	ン	7.66
ル	1.21	レ	0.81	ロ	5.65	ワ	10.89	ヲ	2.02	ン	2.02
ル	0.40			ロ	4.84	ワ	8.06	ヲ	0.81	ン	0.81
				ロ	3.63	ワ	6.05	ヲ	0.40	ン	0.81
				ロ	2.42	ワ	4.44	ヲ	0.40		
				ロ	2.42	ワ	2.82	ヲ	0.40		
				ロ	1.61	ワ	0.81	ヲ			
				ロ	1.21	ワ	0.40	ヲ			

外は、連結成分数1で変動はない。これは一筆書であるからである。一方‘5’と‘7’には連結成分数2の場合が若干起っている。これは二筆書きの影響である。このような現象は、英文字、カナ文字にいたって顕著になる。例えばカナ文字の‘ウ’、‘チ’、‘ネ’などは標準として書かれている文字は連結成分数1であるが、連結成分数1と2の出現頻度はほとんど同程度であり、‘ネ’にいたっては2の方が多い。一方反対に、本来2の成分数であったり、3であったりするものが、それぞれ1、2になる傾向はこれに比べ比較的少ない。

■一方ループ数についてみると、ループの切れの現象はかなり顕著である。一方特定の文字、例えば、‘2’、‘4’、‘G’、‘Z’、‘ㄆ’、‘ア’、‘セ’、‘チ’、‘ヌ’、‘マ’、‘ヤ’では、ループの発生がかなりの頻度でみられる。特に‘ヤ’の場合はループの発生しているものがかえって多い。一方‘タ’はループのあるものと、ないものとはほぼ同頻度であり、これはあらためて、‘タ’と‘タ’が一体どちらが標準なのか、という素朴な問題を提起する。

3.3 人間による目視解析

形の変動にどのような形が見られるのか。しかしこれを具体的に表現するためには、いかなる形の変化を形の変動とみるか、その形の見方をはっきりさせなければならない。しかし前述した如く、これは特徴抽出のアルゴリズムに大きく依存するので、特殊なアルゴリズムによらない、いわば最終的決定者である人間による形の変動、いわゆるバリエーションの分類を行った。それが **Table 3** (前頁参照) である⁴⁾。

この表は文献1)にあるバリエーション・テーブルをより精密にしたものであり、手書文字の研究に従事している者が、データベースに登録されている文字のうち248人分について分類を行ったものである。この分類にあたって、上述の主旨から特徴の見方について、取り決めを行わず、各調査者の直観によった。

このようにして得られたバリエーションは、次のような問題に対する一つの解と考えることができよう。即ち、文字概念、例えば‘A’として書かれた多数の文字が与えられたとき、これを明らかに区別できる部分文字概念(サブカテゴリー)に分ける問題である。このとき、同定化と反対に、お互いを分離しようとする力が働く、がしかし一方その部分概念内では同定化の力が働く。この二つの力の平衡として、若干コの部分文字概念が得られる。この部分概念文字の各々の形は、人間の特徴の見方の結果するところであり、非常

に興味がある。

一方この表は自由手書にはどのくらい形のばらつきがあるのか、という現実的問題に対しても大まかな解を与えてくれる。この表をみると自由手書を99%の水準で読むことは現実的に不可能であるということが、はっきりする。したがって何らかの規格を必要とするというわけであるが、こういう立場に対しても、種々の示唆を与えるであろう。例えば‘2’と‘Z’を区別するために、既に半数の人が‘Z’なる記号を用いていること、しかしよく見ると真中の斜め線は、かなり危険で上下にループを発生しやすいことが分る。したがってその如く、真中の線は水平に長くが望ましいというようなことが得られる。またカナ文字では10%の人達が、問題の‘ソ’、‘リ’、‘ン’を区別するために既に上下に打ち込み即ち‘ヅ’、‘ン’を使っていることは、注目に値する。

さて、この分類表を良く見られると、先の連結成分数とループ数の実験とのくい違いに気がつかれるであろう。例えば、カナ文字‘ア’について見ると、この分類表では、非連結文字がリストされていない。しかし連結成分数の表では、174コの実験文字のあることが示されている。確かに、連結性を見るという見方で、原文字につき良く調べてみると、明らかに非連結である文字が139で、一方明らかに連結している文字が9あり、26が不明瞭ということになる。

このように、各個人の見方の違いにより、形の変化の分類に違いが生ずる。このような例は、‘カ’、‘セ’のループの存在性についてもいえる。この場合も、ループを見るという立場での目視による分類は **Table 2**の結果とほぼ等しい。しかしここでは、その個々人の見方を尊重して生のデータをそのまま載せることにした。

4. おわりに

手書文字の変動をどのように定量的に評価するかについては、種々の立場、見方があり、非常にむずかしい問題である。ここでは、この問題を探求するための一つの準備として、手書文字変動の統計資料、人間の目視分類を示した。またこれを土台として、この重要な問題に対し、多くの議論、研究がなされるであろうことを、われわれは希望し期待したい。

なお、この研究は通産省工業技術院で行われているパターン情報処理システム大型プロジェクトの一環として行われたものである。最後に、この研究の機会を

与えられた、西野博二パターン情報部長に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 山田博三, 森俊二: 手書文字データベースの解析 (I), 電子技術総合研究所彙報, Vol. 39 No. 8, pp. 580~599
- 2) 山田博三, 森俊二: 手書文字データベースの解析 (II), 電子技術総合研究所彙報, Vol. 40 No. 6 ~ 7
- 3) A. Rosenfeld, J. L. Pfaltz: Sequential Operations in Digital Picture Processing, J. ACM, 13, 471, (1966)
- 4) 吉田真澄他: FORTRAN READER のための手書文字認識, 信学会パターンと学習研資 PRL 75-178 (1975)



附 録 手書文字データベースについて

1. OCR シート仕様

- (1) 文字枠 5mm×7mm
- (2) ピッチ ヨコ 7.62mm タテ 12.7mm

2. 対象文字

アラビア数字	10 種		
アルファベット大文字	26 種		
特殊記号	12 種		
カタカナ文字	51 種	合計	99 種

3. 記入上の制限

- (1) 筆記具 鉛筆 (HB) を指定
- (2) 記入文字に対する制限
 - ・ 各文字に対し記入位置を指定
 - ・ “枠いっぱいには、はみださず、ていねいに” と指定
 - ・ 字体の制限
 - 数字……………無指定
 - アルファベット……大文字と指定
 - 特殊記号} ……………文字の見本を活字体で表示
 - カタカナ}

4. データ数 145035

- (1) 1465 人×99 文字=145035 文字

5. OCR シート観測

- (1) 標本化間隔 0.133 mm×0.133 mm
- (2) 濃度レベル, 16 レベル
- (3) 標本点数 72×76=5472 点
- (4) スポット径 0.133 mm

(昭和 51 年 2 月 20 日受付)

(昭和 51 年 5 月 17 日再受付)