

論文

文字の変動評価に関する一考察

正員 米田 政明[†] 正員 長谷 博行[†] 正員 酒井 充[†]

A Consideration on the Evaluation of Character Variation

Masaaki YONEDA[†], Hiroyuki HASE[†] and Mitsuru SAKAI[†], Members

あらまし 筆者らは、先の論文で、文字の手書き変動の巨視的評価量を提案し、それを変動エントロピーと呼んだ。変動エントロピーは文字の拡大縮小変換によって値が変わらないという望ましい性質をもっていたが、文字の線幅に依存するという一面ももっていた。このため、収集条件の異なる手書き文字データベース間の変動比較にこの変動エントロピーを用いることはできなかった。本論文では、文字線幅に依存しない巨視的変動評価量を新たに提案する。筆者らはこれを単位輪郭線変動量と呼ぶが、これも変動エントロピーと同様、異なった文字種同士の手書き変動の評価に利用できる(すなわち、文字線長に依存しない)ことを示す。また、ETL8BとETL9Bの平仮名71文字種の単位輪郭線変動量と変動エントロピーの値を求めることにより、両変動量のもつ性質を実験的に検証した。なお、変動の評価には相対的評価と絶対的評価の2面性があることを併せて主張する。

キーワード：文字認識、手書き文字データベース、手書き変動、変動評価量、エントロピー

1. まえがき

近年、手書き帳票の自動認識・理解システムが市販されるなど、OCRと種々の知識を利用した誤読救済手法との組合せで手書き文字(仮名・漢字を含む)の認識も実用段階に入ったと言える。手書き文字OCRを設計するためには文字の規格化手法、特徴抽出手法、識別手法など考慮すべき点がいくつかあり、それぞれが大きな課題として多くの研究者・技術者により研究・開発が進められてきた。しかし、それらの手法を単独で評価することは困難で、多くの場合、実験によって得られた認識率の良否で比較評価される。OCRの設計および認識実験のために用いられる文字セットとしては、電総研により作成された手書き教育漢字データベースETL8⁽¹⁾とJIS第1水準手書き漢字データベースETL9⁽²⁾がよく利用されているが、独自に作成したデータベースを用いる場合も多い。これらの文字セットを用いる場合、その品質(特に手書き変動の様子)を十分に把握しておく必要がある。

これまで、文字の手書き変動に関して、認識実験結果などからの多くの定性的考察と、構造解析的手法、

基準パターンを利用する手法、エントロピーを用いる手法などのいくつかの定量的考察が報告されている(これらに関しては文献(3)で論評されている)が、筆者らは先の論文⁽³⁾で「変動エントロピー」という新しい変動評価量を提案した。変動エントロピーは図1に示すような2値画像の重ね合わせパターンから求めることができる。図1はETL8BとETL9Bから平仮名の「あ」をそれぞれ100枚重ね合わせたもの(これを変動パターンと呼ぶ)である。変動エントロピーは(1)基準パターンを必要とせず、(2)計算が簡単であり、更に(3)文字の拡大縮小変換に依存しないなど変動評価量として望ましい性質を有している。しかし、この変動エントロピーをETL8B、ETL9Bの平仮名71文字種に適用し両文字セットの変動状態を調べ、同時に単純類似度法による認識実験を行ったところ、ETL9Bの方が認識率が悪い(このことは文献(2)でも指摘されている)にもかかわらず変動エントロピーの値が小さい(変動が少ない)という結果が得られた。これは「(変動エントロピーは個々の文字種における変動評価量であり、認識率は文字種間の関係が問題となるので一概には言えないが)総じて文字セットの変動が小さければ認識率が良いであろう」との予想と相反する結果であった。我々はこの原因について考察し、「単位輪郭線変動量」と呼ぶ新たな変動評価量を見出した。本論文では、この単位輪

[†] 富山大学工学部電子情報工学科, 富山市
Faculty of Engineering, Toyama University, Toyama-shi, 930
Japan

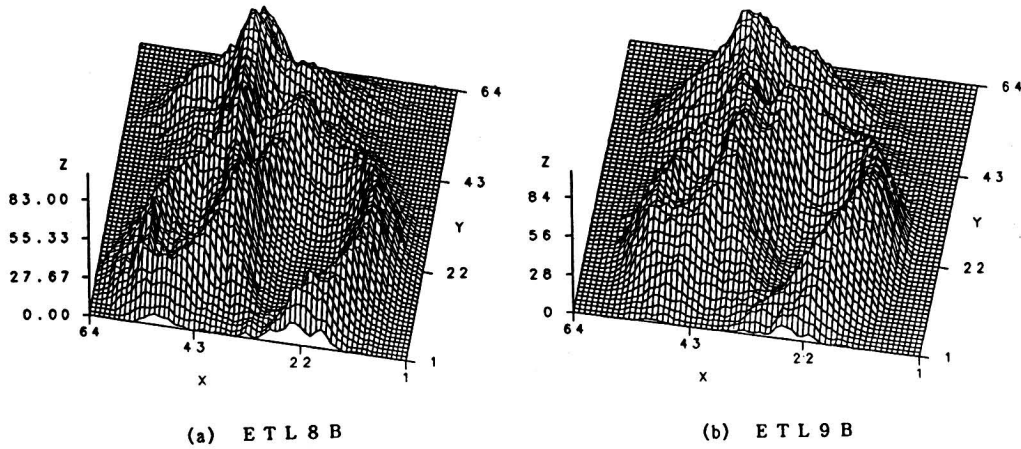


図1 「あ」100枚を重ね合わせた図形(変動パターン)
Fig. 1 Piled up figures of 100 HIRAGANA characters "あ".

郭線変動量の導出とその性質，そして変動エントロピーとの関係について述べる。更に，変動エントロピーと単位輪郭線変動量の物理的意味について考察し，変動評価には2通りの見方があることを主張する。また，単位輪郭線変動量をETL8BとETL9Bの平仮名71文字種に適用した結果，変動エントロピーに関して生じた上記の予想との矛盾点が解消した。その実験結果についても述べる。

以下2.では変動エントロピーについて簡単に述べ，3.で単位輪郭線変動量を導出し，その性質を述べ，物理的意味を考察する。4.では実験結果について述べる。

2. 変動エントロピー

まず，筆者らが文献(3)で提案した変動エントロピーについて簡単に説明する。記述の都合上1次元モデルで考える。2次元上に広がる文字画像を重ね合わせるのと同様に，1次元2値画像を m 枚重ね合わせる。これを「変動パターン」と呼ぶ。変動パターンの画素 i での黒画素数を $n(i)$ ($n(i) \leq m$)とする。重ね合わせたときの総黒画素数 N は $N = \sum_i n(i)$ であるから，分布 $\{n(i)\}$ のエントロピー I は次式で与えられる。

$$I = - \sum_i \frac{n(i)}{N} \log \frac{n(i)}{N} \quad (1)$$

この式は次の式(2)のように変形できる。

$$\begin{aligned} I &= - \sum_i \frac{n(i)}{N} \left(\log \frac{n(i)}{m} - \log b \right) \\ &= - \sum_i \frac{n(i)}{N} \log \frac{n(i)}{m} + \log b \end{aligned} \quad (2)$$

ここに $b (= N/m)$ は画像1枚当りの平均黒画素数であ

る。

ここで，式(2)の第1項を H^A ，すなわち

$$H^A = - \sum_i \frac{n(i)}{N} \log \frac{n(i)}{m} \quad (3)$$

とおくと，これは分布 $\{n(i)\}$ のエントロピー I から黒画素数 b の同一画像を m 枚重ねたときの分布のエントロピー $\log b$ を引いたもので，変動を表す項と考えることができる。この H^A を我々は「変動エントロピー」と呼んだ。

この評価量は容易に2次元に拡張することができる。すなわち， m 枚の2次元2値画像に対する変動エントロピー H^A は次の式(4)で定義される。

$$H^A = - \sum_i \sum_j \frac{n(i,j)}{N} \log \frac{n(i,j)}{m} \quad (4)$$

ここに $N = \sum_i \sum_j n(i,j)$ である。なお，以下の議論において，画像1枚当りの平均黒画素数(すなわち平均面積) N/m を b とおくのも1次元の場合と同様である。

次に，この変動エントロピーの性質を以下にまとめる(詳細は文献(3)参照)。

[性質1] 同一の2値画像を m 枚重ね合わせると，変動エントロピー H^A は最小値0をとる。

[性質2] 2値画像の数 m と総黒画素数 N を一定に保ったままエントロピー I を増加する(分布 $\{n(i,j)\}$ をぼかす)と，変動エントロピー H^A は増加する。

[性質3] 性質2において，変動パターンの非ゼロの画素数(黒画素が広がっている領域の面積) s を固定した場合，変動エントロピー H^A がとり得る最大値 H^A_{\max} は次の式(5)を満たす。

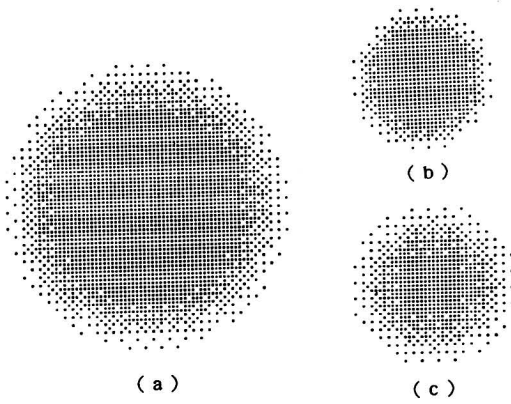


図2 ぼけ(変動)状態の説明図
Fig. 2 Illustration of blur (variation).

$$H^A_{\max} \leq -\log \frac{b}{s} \quad (5)$$

但し、 s を制限しなければ、黒画素が画像枠全体に広がっているとき H^A_{\max} は最大の値をとる。

[性質4] 変動エントロピー H^A は2値画像の線形な拡大縮小変換に不変である。

また、変動エントロピーが2値画像の回転や平行移動にも不変であることは自明である。

これらの性質から変動エントロピーは文字の巨視的変動の評価量として有用である⁽³⁾。

ところで、多数枚の2値画像を重ね合わせることで得られる変動パターンをもとに変動エントロピーを定義したが、変動パターンは1枚のぼけた多値画像と考えることもできる。よって、以下では、「変動」と「ぼけ」を同意語として用いることにする。

ここで、図2を用いて変動エントロピーの意味を考察しておく。図2はぼかした円をディザ法で表示したものである。(a)はもとのぼけ(変動)パターンであり、(b)は(a)を縦横等倍率で縮小したような(すなわち、円の直径を1/2、ガウス型ぼけフィルタの標準偏差を1/2にした)パターンである。言い換えると、(b)は(a)を遠くにおいて見た図と考えることもできる。線形な伸縮変換に不変な性質によってこれら(a)、(b)の変動エントロピーの値は等しい。一方、(c)は円の大きさが(b)と同じでぼけの状態が(a)と同じ(すなわち、(a)と同じぼけフィルタを用いている)パターンである。(a)と(c)を比べてみると、面積が小さいため、見かけ上(c)の方が(a)よりもぼけて見える。実際、計算してみると、(c)の変動エントロピーは(b)より大きな値をもち、従って、(a)よりも大きな値をもつ。これらの数値計算結果

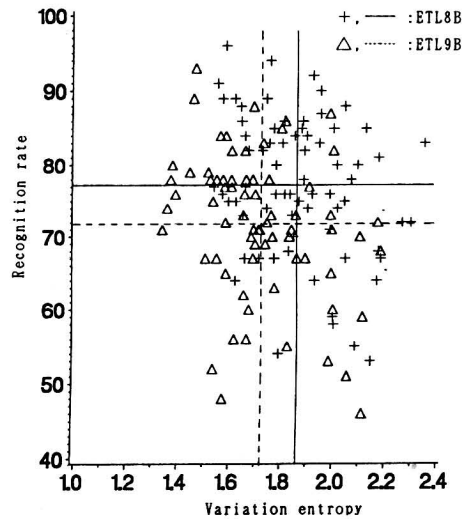


図3 認識率と変動エントロピー(平仮名71文字種)
Fig. 3 Recognition rate vs. variation entropy (71 Hiragana categories).

は後述の3.で示す。

さて、文献(3)では、変動エントロピーをETL8BとETL9Bに適用して実験を行った。ここでは、それぞれの平仮名71文字種について求めた変動エントロピーの値と認識実験の結果得られた認識率の散布図を図3に示す(変動エントロピーは各文字種とも100サンプルの重ね合せによる変動パターンから求めた。認識率は、各文字種50サンプルから得た辞書パターンとの単純類似度を用い、学習文字50個と未知文字50個の平均の認識率である)。図において+印はETL8Bであり、Δ印はETL9Bである。また、水平な直線は認識率の平均値、垂直な直線は変動エントロピーの平均値であり、両者とも実線はETL8B、点線はETL9Bである。図よりETL9Bの散布図はETL8Bの散布図を左下にずらしたように見受けられ、ETL9Bの方が認識率が低いのに変動が小さいという結果になっているのがわかる。これがまえがきで述べた「予想との矛盾点」であり、このことについて次章で考察し、本論文で提案する新しい変動評価量である「単位輪郭線変動量」を導出する。

3. 単位輪郭線変動量

我々は、前章で述べた「予想との矛盾点」が両データベースの収集条件の相違に起因するものと考えた。ETL8のデータシートの記入枠は10mm(横)×10mm(縦)であり、ETL9の記入枠は8mm(横)×9mm(縦)

である。筆記具はどちらも鉛筆を使用しているの、ETL9の方が文字の大きさに対して文字線幅が大きくなることが容易に推察できる。実際、図1に示した「あ」の100サンプルの平均文字線幅はETL8Bが3.435ドットであり、ETL9Bは4.544ドットであった(平仮名71文字種各100サンプル全体の平均文字線幅は、ETL8Bが3.578ドットでありETL9Bは4.183ドットである。ここに、文字線幅(すなわち、2値線図形の線幅)は $b/(L/2)$ ドット(b, L はそれぞれ図形の面積、周囲長)で算出した。なお、周囲長は上下左右の輪郭点間を1ドット、斜めの輪郭点間を $\sqrt{2}$ ドットとして計算した。この文字線幅の相違が変動エントロピーに影響し「予想との矛盾点」として表れていたと考えられる。そこで、文字線幅に依存しない新しい変動評価量を以下で導出する。以下では、対象を文字や幾何学図形のような輪郭線をもつ2次元2値画像に限って議論を進める。このとき、変動(ぼけ)は輪郭線に沿って生ずると考えられる。

まず、2次元の変動エントロピーの定義式(式(4))を連続的な表現に拡張し $b=N/m$ の関係を使って次の式(6)のように書き換える。

$$H^A = \left\{ - \iint \frac{n(x,y)}{m} \log \frac{n(x,y)}{m} dx dy \right\} / b \quad (6)$$

式(6)の分子はぼけている領域の「ぼけの総和」を表している。よって、変動エントロピー H^A は平均黒画素数 b をもつ画像の1黒画素当りのぼけの量(変動量)を表していることになる。線幅のみ異なる線図形の場合、同じぼけ方(図形周辺のぼけの様子)をしていても線幅の太い方が式(6)の分子の値はほとんど大きくならないのに分母 b の値が線幅に比例して大きくなるので H^A は小さくなってしまふことがわかる。

そこで線図形の線幅(あるいは幾何学図形の図形面積)に依存しないぼけ量を求めるために式(6)の分子を考えてみる。これはぼけの総和であるが、ぼけは図形の輪郭部で生じているから、輪郭の法線方向と輪郭方向に積分経路を変えることによって式(6)の分子は次の式(7)のように表すことができる。

$$- \int_S \int_{R(s)} \frac{n(r,s)}{m} \log \frac{n(r,s)}{m} dr ds \quad (7)$$

ここに、 $R(s)$ は図形の輪郭点 s における法線方向の積分範囲を表し、 S は輪郭方向の積分範囲を表している。 s における微小輪郭線長当りのぼけの量を $h^L(s)ds$ とすると $h^L(s)$ は次の式(8)で定義することができ、

$$h^L(s) = - \int_{R(s)} \frac{n(r,s)}{m} \log \frac{n(r,s)}{m} dr \quad (8)$$

これを用いると式(7)は次の式(9)のように書くことができる。

$$\int_S h^L(s) ds \quad (9)$$

ここで、平均的輪郭線長(平均周囲長)を L とおけば、式(9)の積分は図形の輪郭に沿って総和を求めているので、次の式(10)のように単純化して考えることができる。

$$\int_S h^L(s) ds = H^L \times L \quad (10)$$

ここに、 H^L は輪郭線の単位長当りの平均的なぼけの量を表しているの、 H^L は「単位輪郭線変動量」と呼ぶことにする。単位輪郭線変動量は、その導出の過程より、線図形の線幅(あるいは幾何学図形の図形面積)に依存しないことがわかる。但し、図形の形状により、図形周辺のぼけ方が同じでも、単位輪郭線変動量の値にはわずかにずれが生ずる(後述の数値計算例(図2)参照)。

式(10)より H^A は次のように書くことができ、

$$H^A = \frac{H^L \times L}{b} \quad (11)$$

よって、次の式(12)が得られる。

$$H^L = \frac{H^A \times b}{L} \quad (12)$$

2値画像の変動パターンから変動エントロピー H^A が計算でき、平均周囲長 L や平均面積 b ももとの m 枚の2値画像から容易に求めることができるので、この式(12)を用いて単位輪郭線変動量 H^L を計算することができる。また、式(6)を用いることにより、 H^L は「ぼけの総和」を平均周囲長 L で割ることによって求めることもできる。

ここで、単位輪郭線変動量 H^L の性質を以下にまとめる。

[性質5] 同一の2値画像を m 枚重ねると、単位輪郭線変動量 H^L は最小値0をとる。

(証明) 性質1と式(12)より明らかである。□

[性質6] 2値画像の数 m と総黒画素数 N および平均周囲長 L を一定に保ったまま分布 $\{n(i,j)\}$ のエントロピー I を増加すると、単位輪郭線変動量 H^L は変動エントロピー H^A に比例して増加する。

(証明) 条件より b, L が一定なので、性質2および式(12)より明らかである。□

[性質7] 性質6において、変動パターンの非ゼロの画

表1 円のぼけ画像(図2)の変動評価

	(a)	(b)	(c)
直径	60.0	30.0	30.0
σ	4.0	2.0	4.0
H^A	0.362	0.361	0.743
H^L	5.423	2.706	5.572

σ : ガウス型ボケフィルタの標準偏差

素数(黒画素が広がっている領域の面積) s を固定した場合、単位輪郭線変動量 H^L がとり得る最大値 H^L_{\max} は次の式(13)を満たす。

$$H^L_{\max} \leq -\frac{b}{L} \log \frac{b}{s} \quad (13)$$

但し、 s を制限しなければ、黒画素が画像枠全体に広がっているとき H^L_{\max} は最大の値をとる。

(証明) 性質6の条件下では $H^A = H^A_{\max}$ のときに H^L が最大となるので、式(5)と式(12)から式(13)が得られる。 □

[性質8] 画像を縦横均等に k 倍に伸縮すると単位輪郭線変動量 H^L は k 倍になる。

(証明) 性質4より変動エントロピー H^A は画像の線形な伸縮変換に不変なので、式(12)の b と L のみが H^L に影響する。画像を縦横均等に k 倍に伸縮すると図形の面積は k^2 倍になり、周囲長は k 倍になるので H^L は k 倍になる。 □

単純な例として、図2の説明図の場合の計算結果を表1に示す。この場合は(a)、(b)、(c)の円の直径をそれぞれ60, 30, 30画素とした。表からもわかるように、(b)は(a)を縮小したようなパターンなので、(a)と(b)の変動エントロピーの値は変わらず、また(a)と(c)の図形はぼかし方が同じなので単位輪郭線変動量の値がほとんど変わっていない。また、変動エントロピーの(a)と(c)や単位輪郭線変動量の(b)と(c)値の比もほぼ1:2になっていることがわかる(変動エントロピーと単位輪郭線変動量はぼけの総和をそれぞれ平均面積と平均周囲長で割ったものであり、ぼけの総和が(a)と(b)では1:1/4、(a)と(c)ではほぼ1:1/2となっていることに注意)。なお、この例では(a)と(c)のぼかし方は同じであるが、円の曲率の違いにより「ぼけの総和」は厳密には1:1/2になっておらず、従って単位輪郭線変動量などにわずかなずれが生じている。

変動評価には2面性があるとまえがきに述べたが、変動エントロピーは図2の(a)と(b)を同じ変動と見る

見方(相対的変動評価)の尺度であり、単位輪郭線変動量は同図の(a)と(c)を同じ変動と見る見方(絶対的変動評価)の尺度であると言える。両者を明確に使い分ける意味では、変動エントロピーを「単位面積変動量」と呼ぶのが妥当であり、本論文ではこれを H^A (unit Area entropyの意)と表した。一方、単位輪郭線変動量はunit Length entropyの意で H^L と表した。

本章では、まえがきに述べた「予想との矛盾点」から出発して、変動エントロピーについての考察を深めた結果、図形の面積(あるいは線図形の線幅)にほとんど依存しない単位輪郭線変動量と呼ぶ新しい変動評価量を見出し、その性質について述べた。次章では、この単位輪郭線変動量をETL8BおよびETL9Bに適用した結果について述べる。

4. 手書き文字データベースへの適用

手書き文字データベースはデータ収集の方法によって文字の大きさや線幅がデータベースごとに異なっている。対象を文字画像に限定して、これらの違いが両変動量(変動エントロピーと単位輪郭線変動量)に与える影響を、まず、定性的に考えてみる。

はじめに、大きさ(文字を囲む長方形のサイズ)が同じで、太さの異なった筆記具で書かれた文字の変動を考える。変動エントロピーは文字線幅に依存して値が変わってしまうが、単位輪郭線変動量はほとんど変わらない。なぜならば、例えば文字線幅が2倍になると、式(6)の分母(平均文字面積) b は2倍になるが、分子(ぼけの総和)はほとんど変わらないので変動エントロピーはおおよそ1/2になる。このとき、平均周囲長 L もほとんど変わらないので、式(12)から単位輪郭線変動量はほとんど変わらないことがわかる。

次に、サンプリング間隔の違いなどにより大きさと線幅が異なる場合は、変動エントロピーは不変で単位輪郭線変動量が変わってしまう。なぜならば、例えばサンプリング間隔を1/2にして(縦横均等に2倍に拡大するのと等価)大きさを4倍、線幅を2倍にすると、ぼけの総和は4倍になる。このとき、平均面積も4倍になるので変動エントロピーは不変であり、平均周囲長は2倍になるので、単位輪郭線変動量は2倍になることがわかる。

また、線幅が同じで大きさが異なる場合は、変動エントロピーも単位輪郭線変動量も変わってしまう。なぜならば、例えば太さの同じ筆記具を用い記入枠を4倍にする(縦横均等に2倍に拡大し、その後、線幅を1/

2に細めるのと等価と考えられる)と、ぼけの総和はほぼ4倍になる。このとき、平均面積、平均周囲長ともほぼ2倍になるので、変動エントロピー、単位輪郭線変動量ともおよそ2倍になることがわかる。

ここで、文字種の違いによる文字線長の違いが両変動量に与える影響を考えてみる。例えば、大きさと文字線幅が同じで、文字線長(芯線の長さ)が k 倍異なる文字種を比較した場合、両者の変動状態が同じであると仮定すれば、ぼけの総和はおよそ k 倍になると考えられる。このとき、平均文字面積は k 倍、平均周囲長もほぼ k 倍になるので、変動エントロピー、単位輪郭線変動量ともほとんど変わらないことがわかる。このことは、両変動量とも文字種間の変動比較に利用できることを意味している。

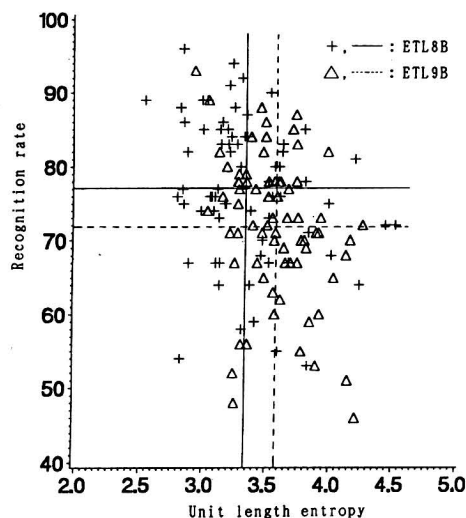


図4 認識率と単位輪郭線変動量(平仮名71文字種)
Fig. 4 Recognition rate vs. unit length entropy (71 HIRAGANA categories).

さて、ETL8BとETL9Bの平仮名71文字種の単位輪郭線変動量の値と認識率の散布図を図4に示す。この図は図3に対応するものであり(実験条件も図3のときと同じ)、図中の記号や線の意味も図3と同じである。図よりETL9Bの散布図はETL8Bのそれを右下にずらしたように見受けられ、ETL9Bの認識率が低くかつ単位輪郭線変動量の値も大きいことが表れている。すなわち、単位輪郭線変動量を用いることにより、まえがきで述べた「予想との矛盾点」が解消した。

表2は図1に示したETL8BとETL9Bの平仮名「あ」の変動エントロピーと単位輪郭線変動量を比較したものである。両データの平均線幅に差があるために変動エントロピーと単位輪郭線変動量の値の大小がETL8BとETL9Bで逆転しているのがわかる。また、図1からわかるように、見た目においてもETL9Bの「あ」の方が変動が大きいように見える。

また、ETL8BとETL9Bの平仮名71文字種に4種類の規格化、すなわち(1)中心一致(両データベースとももともとこの規格化が施されている)、(2)重心一致、(3)大きさ一定、そして(4)線密度一定⁽⁵⁾の規格化を施して8個の文字セットを作成し、それぞれの変動エントロピーと単位輪郭線変動量を求めた。同時に、単純類似度法による認識実験も行った(これらの実験条件は図3および図4のときと同じ)。その結果を表3に示す

表2 「あ」(図1)の変動量の比較

	ETL8B	ETL9B
平均線幅	3.435	4.544
H^A	1.630	1.385
H^L	2.800	3.147

表3 各種規格化を施した後の認識率と変動量
(平仮名71文字種の平均値)

規格化法	ETL8B			ETL9B		
	認識率	H^A	H^L	認識率	H^A	H^L
中心一致	77.18	1.865	3.334	71.85	1.716	3.577
重心一致	81.85	1.811	3.237	79.24	1.681	3.504
大きさ一定	83.11	1.632	3.337	80.04	1.351	3.855
線密度一定	84.30	1.471	3.111	83.34	1.202	3.383

(数値はすべて平仮名 71 文字種の平均値である)。表より、どの規格化においても ETL8B と ETL9B の両変動評価量の値の大小が逆転しているのがわかる。しかしながら、ETL8B および ETL9B から作成したそれぞれ 4 個の文字セットに関して、変動エントロピーの値が小さい文字セットは認識率が高いという意味の順序関係が成り立っているが、単位輪郭線変動量と認識率ではそのような順序関係が成り立たなくなっている。ETL8B、ETL9B とともに、例えば大きさ一定の規格化を施した文字セットは、中心一致の規格化のセット(すなわち、元パターンを用いる)より認識率がよくなり変動エントロピーの値が小さくなっているが、単位輪郭線変動量の値は逆に大きくなっている。その理由としては、大きさを画像枠いっぱいにする(すなわち、拡大を伴う)規格化であるため、変動パターンにおけるぼけている領域のぼけの総和が規格化後の方が増えているが、その増加率が規格化による効果で平均面積の増加率よりは小さく(よって、変動エントロピーは値が小さくなった)、平均周囲長の増加率よりも大きかった(よって、単位輪郭線変動量は値が大きくなった)ことによると考えられる。なお、変動エントロピーと単純類似度の性質が類似していて、両者の間に強い相関があること(文献(3)図4参照)が、規格化後に変動エントロピーの値が小さくなり、かつ認識率もよくなった理由と考えられる。但し、相関的手法とは異なる認識手法、例えば構造解析的手法を用いた場合には必ずしも変動エントロピーの動向が認識率に反映するとは言えない。本論文で対象としている認識手法は類似度法、距離法などの相関的手法である。

これらの実験結果から、変動エントロピーは各種規格化手法の(相関的手法による認識率に及ぼす)効果を推定するときなどにも利用でき⁽³⁾、単位輪郭線変動量は収集条件の異なるデータベース間の変動比較に有用であることがわかる(但し、同一文字種の平均的大きさがデータベース間で異なる場合、それが同じになるよう一律に拡大または縮小して比較する必要がある)。なお、前述のように、両変動評価量ともに文字種間の変動評価に利用できるという望ましい性質をもっている。

5. むすび

本論文では文献(3)で提案した変動エントロピーを ETL8B と ETL9B の平仮名 71 文字種に適用した結果生じた「(総じて変動の小さい文字セットは認識率が高いであろうとの)予想との矛盾点」を考察し、新たに単

位輪郭線変動量と呼ぶ変動評価量を見出し、それが変動エントロピーから簡単に計算できることを示した。この単位輪郭線変動量を上記二つのデータベースに適用した結果、変動エントロピーに関して生じた「予想との矛盾点」は解消し、単位輪郭線変動量は収集条件の異なるデータベース間での変動評価に有用であることがわかった。

また、これらの評価量から変動(ぼけ)は二つの視点から評価できることを指摘した。すなわち、一つは画像の伸縮変換に不変な変動の評価(相対的評価と言えよう)であり、これは単位面積当りの変動量である変動エントロピーで評価できる。他の一つは画像の面積(あるいは線画像の線幅)に依存しない変動の評価(絶対的評価と言えよう)であり、これは単位輪郭線長当りの変動量である単位輪郭線変動量で評価できる。

更に、次元の拡張を考えた場合、両変動量とも一般性を備えている。例えば、3次元2値図形を重ね合わせて変動パターンを作った場合、変動エントロピーは単位体積当りの変動量として、単位輪郭線変動量は単位表面積当りの変動量としてとらえることができ、本論文で述べた両変動量の性質はそのまま成り立つ。

今後の課題としては、変動評価量と種々の認識手法との関係について更に深く考察しなければならない。

謝辞 本研究で用いたデータベース ETL8、ETL9 を提供して下さった電子技術総合研究所の関係各位に感謝します。また、本研究に協力して下さった尾塩浩君(現在、富士通株式会社)に感謝します。

文 献

- (1) 齊藤泰一, 山田博三, 山本和彦, 森 俊二: “手書文字データベースの解析(V)—教育漢字データベースのパターン・マッチング法による評価”, 電総研彙報, 45. 1&2, pp. 49-77 (1981).
- (2) 齊藤泰一, 山田博三, 山本和彦: “JIS 第 1 水準手書漢字データベース ETL9 とその解析”, 信学論(D), J68-D, 4, pp. 757-764 (1985-04).
- (3) 長谷博行, 米田政明, 酒井 充, 吉田順作: “変動エントロピーによる文字変動の評価”, 信学論(D), J71-D, 6, pp. 1048-1056 (1988-06).
- (4) 長谷博行, 米田政明, 酒井 充, 尾塩 浩: “2 値画像の変動評価に関する一考察”, 信学技報, PRU90 65 (1990-10).
- (5) 山田博三, 齊藤泰一, 山本和彦: “線密度イコライゼーション-相関法のための非線形正規化法”, 信学論(D), J67-D, 11, pp. 1379-1383 (1984-11).

(平成 3 年 5 月 7 日受付, 9 月 2 日再受付)



米田 政明

昭42 東北大・工・通信卒。昭47 同大大学院博士課程了。同年富山大・工・講師。現在、同教授。この間、オートマトン・言語理論、文字認識・文書理解等の研究に従事。工博、情報処理学会、人工知能学会各会員。



長谷 博行

昭46 富山大・工・電気卒。同年(株)ゼネラル入社。昭50 富山大・工・技官。現在電子情報工学科講師。この間、視覚生理の研究。最近は文字、文書認識理解の研究に従事。情報処理学会、人工知能学会、画像電子学会各会員。工博。



酒井 充

昭54 富山大・工・電子卒。昭56 同大大学院修士課程了。昭57 同大・工・技官。現在、同助手。パターン認識、プログラミング言語等に関する研究に従事。情報処理学会、人工知能学会各会員。