

手書き文字評価エキスパートシステム

著者	三好 義昭, 王 ?
雑誌名	金沢大学教育学部紀要. 自然科学編
巻	49
ページ	81-88
発行年	2000-02-21
URL	http://hdl.handle.net/2297/548

手書き文字評価エキスパートシステム

三好 義昭・王 鷗*

Expert System for Estimating the Words Written by Hand

Yoshiaki MIYOSHI and Wang KUN*

1. まえがき

1980年代以降、人工知能とりわけエキスパートシステムに対する関心が急速に高まってきた⁽¹⁾。人工知能は“考える機械—知的システム”を作るという野心的研究分野である。人工知能では、問題解決という観点から“考える”ということ、すなわち知能を捕らえようとしている⁽²⁾。現在、特に人間がどのように知的情報処理を行っているのかを研究する分野は認知科学と呼ばれ、コンピュータ上で知的情報処理を行う方法を研究する分野は知識工学と呼ばれている。エキスパートシステムはこの知識工学の中心課題で、専門家の知識をコンピュータ上に移植して知識ベースとし、特定の専門領域の問題を解決するシステムである⁽³⁾。

一方、人類文化の長い歴史の中に、書写教育は絶え間なく行われている⁽⁴⁾。言うまでもなく書写教育の中でも手書き文字を如何に評価し、美しい文字が書けるようにするかは最も重要な課題である。美しい文字を国民の一人一人がどの程度書けるかと言うことは、その国の文化水準を計る尺度となろう。日本語を表記する文字は、種類も多く字形も複雑である。それらを日常生活において適正に使用する能力を全ての国民が有するようになるために、小・中学校の書写教育における手書き文字評価は大きな役割を果たしてきた⁽⁵⁾。しかし、字形は字体と異なり、個人によって微妙な表現上の差異が生じ、そこに客観的な基準を示しにくいので、従来、手書き文

字の評価は個々の主観によってなされてきた⁽⁶⁾。1970年代以降、文字認識の研究が発展してくるにつれ、コンピュータを用い手書き文字の客観的評価の研究がなされ始めた⁽⁷⁾。近年、書写CIAの研究や書写CIAソフトウェアの開発も行われているが⁽⁸⁾、それらは筆順、大きさ、重心、縦横比など文字の大局的な特徴を取り扱ったものが主である。毎画までを含めた手書き文字評価システムに関する研究は、まだ行われていないと言える。

本論文では、エキスパートシステムの基本原理に基づき、書写書道教育を支援する毎画までを含めた手書き文字評価エキスパートシステムを提案し、その構築に向けての諸問題を具体的に検討した。以下、2.において、本システムの構成を示し、3.において、評価部の構築について述べ、4.において、手書き文字における「感じる大きさ」を毎画の特徴量から算出する方法並びに実験結果を示す。

2. システム構成

図1に示すように、本システムは「特徴抽出部」と「評価部」の2大部分から構成されている。特徴抽出部では特徴量を抽出することが目的であり、その手法として画像処理を用いている。評価部ではエキスパートシステムを取り入れた。ここでは主に評価部について述べる。

3. 評価部の構築

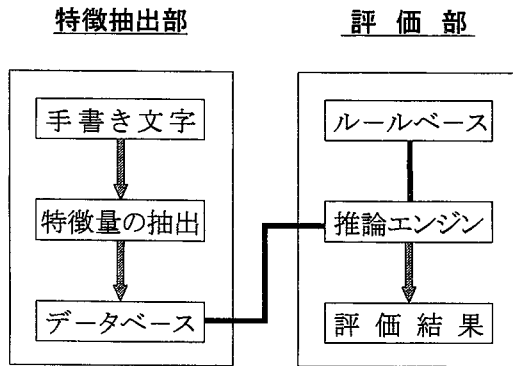


図1 システムの構成

エキスパートシステムでは対象とする事象に対して、エキスパートである専門家がどのような考えに基づき判断しているのかを解明する必要があり、一般にはシステム構築者が専門家にインタビューする形式で、専門家の思考過程を明らかにする手法が用いられている。しかし、第三者の思考過程を詳細に明らかにするのは困難であり、特に今回の対象である手書き文字の評価においては、言葉で述べることができない感性の部分があり、それはなお一層困難となる。研究者の一人が書道に堪能であることから、手書き文字評価の専門家であり、かつシステム構築者である一人二役を演じることにより、この問題がかなり解決できると考えた。

具体的な手順は、まず、専門家の思考過程を明らかにする。次にその結果に基づき、評価ルールベースと推論エンジンを作成する。

3.1 専門家の思考過程の解明

エキスパートシステムには、一番根本かつ難しいのはエキスパートである専門家が対象とする事象に対して、どのような考えに基づき判断しているのかを明らかにすることである。本研究では、エキスパートもシステム構築者も同一人であるので、専門家の思考過程を明らかにする方法として、一般的なシステム構築者が専門家にインタビューする形式ではなく、多数の手書き文字を収集し、評価し、その結果を整理す

ることによって、専門家の思考過程を明らかにして行く手法を用いた。

3.2 手書き文字の収集

評価並びに特徴量抽出の利便性を考慮し、「書写指導」を参考にして、「収集用紙」を作成し、それに記入してもらうことにより、手書き文字を収集した。収集対象者、収集方法及び収集文字は以下の通りである。

[収集対象者]

小学生28人(3年生:23人, 4年生:5人), 大学生10人, 留学生3人(但し, 欧米からの留学生), 計41人。

本研究は小・中学生の書写能力向上を支援する手書き文字評価エキスパートシステム構築を目的としていることより、主に小学生が書いた手書き文字を収集した。一方、大学生でも、自分の書写能力を向上させたいと思っている学生もいる。また、日本もますます国際社会となり、各国から日本へ留学したり、交流したりする人々が多くなってきているが、留学ないし交流の成果を上げるには、日本語が上手くならないと駄目だ。いうまでもなく日本語の書写も上手くならないと駄目だ。といったことも考慮し、大学生及び留学生の手書き文字も若干収集した。

[収集文字]

「本」、「囧」、「安」、「化」、「世」、「近」の6文字。これらの6文字を収集した理由は、まず、「本」、「囧」、「世」から、一部分から構成される文字を評価する思考過程、そして、「安」、「化」、「近」から、二部分より構成される文字を評価する思考過程、また、「本」、「囧」、「世」から、それぞれ払いがある文字、内外より構成される文字、横画と縦画しかない文字を評価する思考過程、「安」、「化」、「近」から、上、下部より構成される文字、左、右より構成される文字を評価する思考過程がそれぞれ明らかになると考え

たからである。

〔記入方法〕

鉛筆（シャープペンも可）またはボールペンで1.5cm四方の正方形の中に各文字種類ごとに3回記入。すなわち、1文字種類に対して、41人が各3回記入するので、123個となる。これを6文字種類収集したので、総計738個の手書き文字を収集した。

3. 3 手書き文字の評価

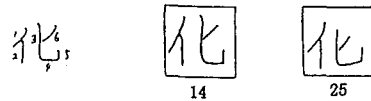
収集した手書き文字をどのような手順で処理すれば、専門家の評価過程がよく体现できる結果が得られるかを十分考える必要がある。ここでは、以下の準備を行った上で評価した。

(1) 評価前の準備

文字収集対象者を当初より、小・中学生、大学生及び留学生を想定していたことから、対象者の筆記用具に対する習慣が異なると思われるので、書写用具として、「鉛筆(シャープペンでも可)かボールペンで」と指定したが、鉛筆あるいはシャープペンで書いた文字の色とボールペンで書いた文字の色が異なるので、全く同じ形でも、専門家に異なる感じを与える可能性がある。従って、まず、収集した手書き文字を乾式コピーする。次に、先入観を避けるために、コピーした手書き文字を一文字毎に裁断し、十分攪拌して、封筒に入れて置く。

(2) 文字の評価

評価は「かなり良い」、「良い」、「まあまあ」、「あまり良くない」、「良くない」の5段階とした。実際の評価作業は、評価前の準備の段階で用意した封筒から、手書き文字を一文字ずつ無作為に取り出して評価する。まず、その手書き文字のパターンを一瞥した時の感じを評価の「かなり良い」、「良い」、「まあまあ」、「あまり良くない」、「良くない」のいずれであるかを記録する。次に、詳しく見て、その折り返したこ



14: かなり良い。6本目線の反りが少し小さい。

25: あまり良くない。字の中心位置が左下過ぎる。「イ」と「ヒ」との距離が少し近い。「ヒ」の部分は横に圧縮されている。3本目線の中心位置が少し左下過ぎ、短過ぎる。4本目線の方向が少し上がっている。6本目線の中心位置が左下過ぎ、少し短い。

図2 「化」の評価結果の例

とをできるだけ詳細にメモ書きする。最後にその文字パターンを番号付けする。一例として、「化」の評価を図2に示す。但し、資料番号14番と25番の評価例を示したもので、左上端に画番号を示す。図2より、14番の「化」を評価する時、まず、その手書き文字のパターンを一瞥した時の「かなり良い」という感じを記録する。次に、詳しく見て、6本目線の反りが少し小さいという感じたことをメモした。25番の「化」を評価する時、まず、その手書き文字のパターンを一瞥した時の「あまり良くない」という感じたことを記録する。次に、詳しく見て、字の中心位置が左下過ぎる。「イ」と「ヒ」との距離が少し近い。「ヒ」の部分は横に圧縮されている。3本目は中心位置が少し左下過ぎ、短過ぎる。4本目線の方向が少し上がっている。6本目線は中心位置が左下過ぎ、少し短いというように感じたことをメモ書きした。

このように、収集した738個の内の1回目に記入の「本」、「図」、「安」、「化」、「世」、「近」の6文字種類の241個（注：記入誤り5個を除く）について評価を行った。

3. 4 専門家の思考過程

評価結果を整理することにより、以下の専門家の評価思考過程が明らかとなった。

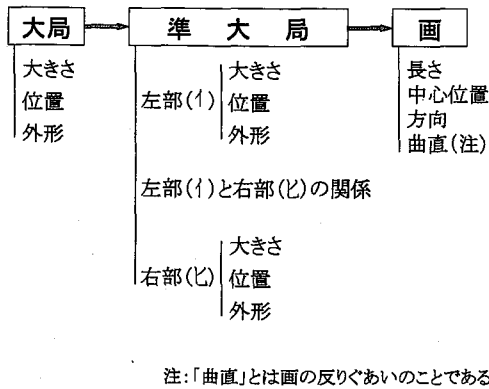


図3 「化」の評価過程

①文字全体の大きさ, 位置, 外形に注目している。

→ “大局” の評価

②いくつかの部分にわけ, それらの大きさ, 位置, 外形について評価し, それらの関係にも注目している。

→ “準大局” の評価 (但し, 一部分から構成される文字においては, この評価はない)

③毎画ごとに, その長さ, 中心位置, 方向, 曲直に注目している。

→ “画” の評価

一例として, 「化」の評価過程を図3に示す。図3に示すように, まず, 「化」の全体の大きさ, 位置, 外形に注目している。次に, 「化」を左部(イ)と右部(ヒ)にわけ, それらの大きさ, 位置, 外形について評価し, それらの関係にも注目している。それから, 毎画ごとに, その長さ, 中心位置, 方向, 曲直に注目している。という評価の思考過程が明らかとなった。

3. 5 評価ルールベースと推論エンジン

明らかになった専門家の評価する思考過程に

基づき, Prologによって, 評価ルールベース及び推論エンジンを作成した。

解明した専門家の評価する思考過程により, 専門家が実際に手書き文字の評価を行う場合, その手書き文字の多くの特徴に基づき評価していることが分かった。専門家の評価する思考過程を忠実に再現する評価システムを作成するためには, 推論エンジンを複雑にするか, ルールの数を多くするか, どちらかの方法を選択しなければならない。ここでは, ルールの数を多くする方法を採用した。従って, 推論エンジンは簡単になる。推論エンジンの主な機能は次の2つである。一つは, 手書き文字のデータ及び評価ルールを読み込む機能。もう一つは, 読み込んだデータと評価ルールとをマッチさせる機能である。

4. 感じる大きさ

明らかとなった専門家の思考過程より, 実際に手書き文字の評価を行う場合, 評価者(専門家)の感覚に与える元々の情報としては, 点画及びそれらの相互間の整っている状態, つまり, その手書き文字のバランスであることが分かった。従って, 解明した思考過程の通りに評価できるシステムを作成するために, 元々の点画及びそれらの相互関係が必要な情報になる。しかし, 現在までの手書き文字評価に関する研究では, 点画ずつ及びそれらの相互関係までの情報(特徴)を取り扱ったものがまだないと言える。大局段階の特徴抽出に関する研究はあるが⁽⁷⁾, その特徴と本研究で解明した評価する思考過程の大局段階の特徴とは一致していない。一例を図4に示す。図4より, 従来の外接方形の面積は1画の長さに強く影響され, 多角近似パターンの面積もその字の外周の点画だけに影響される。広がり量は文字部分に関する値で, かつ平均値から算出するものである。これらはいずれも専門家が「感じる大きさ」と一致しないことが分かった。本論文では, 「感じる大きさ」を専門家が手書き文字を評価するとき, その文字に

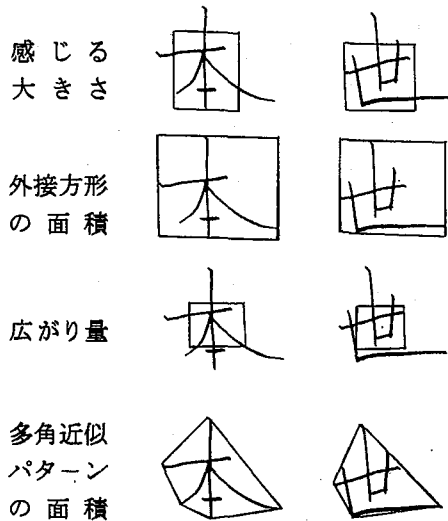


図4 感じる大きさと従来の大きさ(面積)

対して感じた大きさ(四方形とする)と定義し、その求め方並びに実験結果を述べる。

4.1 関係式の仮説

今までの手書き文字評価の研究に関する研究で紹介している大局段階の特徴量と、解明した専門家の評価する思考過程から得た専門家の感じる特徴量とが一致しないことは、先に述べた。専門家の感じる大きさを手書き文字の物理的の特徴量から求める方法として、重回帰分析⁽⁹⁾を用いた。すなわち、縦画及び横画とも2画以上ある文字に対しては、式(1)で、それ以外の文字に対しては、式(2)で「感じる大きさ」が求められるものとする。

$$S = \beta_0 + \beta_1 L_x + \beta_2 L_y \quad (1)$$

$$S = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i X_i \quad (2)$$

S : 感じる大きさ(四方形とする)

β_i : 偏回帰係数

L_x : 左端の縦画と右端の縦画間の幅(但し、上端と下端の横画の間における平均値)

L_y : 上端の横画と右端の横画間の幅(但し、左端と右端の縦画の間における平均値)

X_i : 画ごとの特徴量(但し、重回帰分析結果に基づき選択されたもの)

4.2 実験

エキスパートの「感じる大きさ」を目的変数(S)に、画像処理より抽出した手書き文字の特徴量(L_x , L_y , X_i)を説明変数にして重回帰分析する。得られた偏回帰係数 β_i を同字種の他のデータに適用し、その有効性を検証する。

分析字種(個体数)は前節で述べた収集文字の内、1回目に記入の「世」(40個。注：記入誤りの1個を除く)及び「本」(41個)を用いた。

検証字種(個体数)として、「世」の2回目、3回目に記入の82個。「本」の2回目、3回目に記入の81個(注：記入誤りの1個を除く)を用いた。

なお、説明変数の選択手順は、まず、単相関係数が0.3未満となる説明変数を除く。そして、変数減少法を用い、符号逆転現象が起これなくなるまで、残った説明変数を選択する手法を用いた。

4.3 結果と考察

分析結果を図5及び表1に、検証結果を表2に示す。図5より、字種「世」、「本」とも感じ値(エキスパートが感じる大きさ)と計算値(式(1)又は式(2)により算出された値)が良く合っていると見える。そして、表1の決定係数が「世」: 0.98, 「本」: 0.95と、いずれも0.8以上で、かつ分散比もそれぞれ761.3と56.5であり、いずれも分布値5.3と3.0よりかなり大きい。また、検証用データに対しても表2より、式(3)で定義する

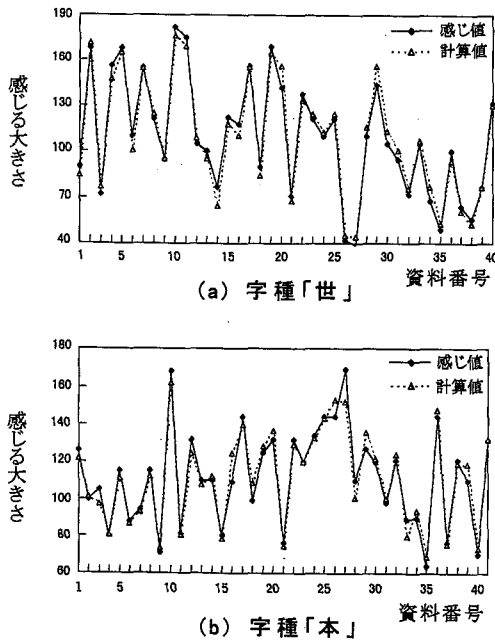


図5 感じる大きさの重回帰分析結果

誤差率が10%より大きい割合はそれぞれ0.10と0.26, 15%より大きい割合はそれぞれ0.04と0.14で, かなり小さいことから, 式(1), 式(2)は「感じる大きさ」を算出し得る有効な関係式と言える⁽¹⁰⁾。

$$\text{誤差率} = \frac{|\text{感じ値} - \text{計算値}|}{\text{感じ値}} \quad (3)$$

なお, 説明変数の選択結果は, 「世」については, 説明変数(特徴量) L_x, L_y と感じる大きさ(S)との相関係数はそれぞれ0.93, 0.94であり, それに, 符号逆転現象も起こらないので, L_x, L_y とも説明変数として選択した。「本」については, 「感じる大きさ」との相関係数が0.3未満となる説明変数(特徴量)を除けば, 符号逆転現象が起こらなかった。この時に残った説明変数(特徴量)は毎画の長さ, 一画目の角度, 一画目の中心位置のY分量, 三画目の中心位置

表1 感じる大きさの分析結果

字種	d (説明変数の個数)	f (n-d-1)	R ² (決定係数)	F _R (F _{d, f, 0.01}) (分散比)
「世」	2	37	0.98	761.3(5.2)
「本」	10	30	0.95	56.5(3.0)

表2 感じる大きさの検証結果

字種	検証個体数	誤差率>10% の割合	誤差率>15% の割合
「世」	82	0.10	0.04
「本」	81	0.26	0.14

表3 「感じ値」と「計算値」の差が大きい字形の例

分析の パターン				
番号	16	27	20	29
感じ値	109.9	169.0	142.0	144.0
計算値	124.5	152.1	156.2	156.2

検証の パターン				
(回)番号	(3)24	(3)36	(2)21	(3)38
感じ値	80.0	88.0	28.0	110.0
計算値	101.5	107.8	5.2	124.2

のX分量, 四画目の中心位置のX分量, 五画目の角度, 総計10個となった。

表3に, 「感じ値」と「計算値」に比較的大きな差が生じた分析用パターン並びに検証用パターン各4個の数値例を示す。

分析用パターン(表3上段)の16番の「本」において, 感じ値(109.0)が計算値(124.5)より小さくなったが, その主な原因は4画目線が長く, 4画目線の中心位置のX分量が大きいためと思われる。字種「本」においては, 感じる大きさに対して, 4画目線の長さと同中心位置のX

分量が説明変数として選択され、かつ正相関となっているからである。また、パターンの濃度が薄いので、評価者に小さい感じを与えたことも一つの原因と思われる。29番は感じ値(169.0)が計算値(152.1)より大きくなったが、その主な原因は1画目線が短く、1画目線の中心位置のY分量が小さいためと思われる。また、パターンの濃度が濃いので、評価者に大きい感じを与えたことも一つの原因と思われる。一方、字種「世」においては、20番及び29番ともそれぞれの感じ値(142.0, 144.0)が計算値(156.2, 156.2)よりも小さくなったが、その主な原因は、20番の場合、1画目線と6画目線の角度が小さい(マイナス)ためと思われる。「世」に対して、特徴量 L_x と L_y だけを説明変数として選択したが、画の角度は感じる大きさに全く影響しないとは言えない。評価者がパターンの評価を行う時、そのパターンから情報を与えられるのではなく、自分の中にあらかじめ持っているものが刺激されて膨らむ。次に、自分の中に膨らんでいるものを感じ、それによって評価を行うことより、評価者が自分の中にあらかじめ持っている「世」の1画目線と6画目線の角度は概ねプラスであるので、差が生じたと考えられる。29番の場合、1本目線の曲直が大きいためと思われる。曲直が説明変数として選択されていないが、上述の考え方と同じく、差が生じたと思われる。

また、検証用パターン(表3下段)の3回目に入力の24番の「本」において、感じ値(80.0)が計算値(101.5)よりかなり小さくなったが、その主な原因は、3画目線、4画目線が長く、4画目線の中心位置のX分量が大きいためと思われる。3回目の36番は感じ値(88.0)が計算値(107.8)より小さくなったが、その主な原因は、2画目線の角度が大きく、4画目線の中心位置のX分量が大きいためと思われる。字種「世」に対しては、2回目の21番は感じ値(28.0)が計算値(5.2)よりかなり大きくなったが、その主な原因は、パターンが小さ過ぎるためと思われる。字種「世」の大きさに関しては、 L_x 及び L_y を説

明変数として選択されたが、定数項 β_0 は-82.8となっているので、説明変数の値が分析時の最小値より小さければ、計算結果が小さくなるのは必然であることから、誤差が生じてきた。3回目の38番は感じ値(110.0)が計算値(124.2)より小さくなったが、その主な原因は、1画目線の中心位置のX分量が小さく、5画目線の角度が小さ過ぎ、6画目線の角度が大きいためと思われる。

5. むすび

エキスパートシステムの基本原理に基づき、書写書道教育を支援する毎画までを含めた手書き文字評価エキスパートシステムの構築を試みた。本論文では、主に評価部の構築及び専門家の感じと一致する大局段階の「感じる大きさ」の求め方及び実験結果について述べた。今後は、解明した手書き文字評価の思考過程をまとめ、その共通点を見い出すと共に他の字種並びにより多くのデータに適用することにより専門家の感じと符合する大局段階の特徴量の求め方の有効性を検証する必要があると思われる。

文 献

- (1) 矢田光治編：『AI入門』、オーム社(昭和62年)。
- (2) 大原育夫著：『人工知能の基礎知識』、近代科学社(1988)。
- (3) J. L. Alty / M. J. Coombs著(太原育夫訳)：『エキスパート・システム—基礎概念と実例—』、啓学出版(1986)。
- (4) 杉岡華邨著：『書教育の理想』、二玄社(平成8年)。
- (5) 藤原宏他編：『書写・書道教育原理』、講談社(昭和55年)。
- (6) 加藤達成監修：『書写・書道教育史資料』、第1巻、東京法令(昭和59年)。
- (7) 押木秀樹：『計算機による字形評価に関する研究(1)—大局的な特徴について—』、書写書道教育研究、第5号(平成2年)。
- (8) 龍岡亮二他：『外国人・小学生を対象にした漢字教育支援システムの開発』、信学技報(1996)。

-
- (9) S. Chatterjee and B. Price 著 (佐和隆光他 訳) : “回帰分析の実際”, 新曜社(1981).
- (10) 菅民郎著 : “多変量統計分析”, 現代数学社(1996).