

毛筆文字デザインエキスパートシステムのための 書道知識の解析とルール化の考察†

曾 建 超^{††} 井 上 健^{††}
真 田 英 彦^{†††} 手 塚 慶 一^{††}

計算機による漢字毛筆字体フォントの設計活動を支援するため、書道知識の計算機への移植の可能性を検討している。ここで対象とする書道知識は、文字を構成する部分パターン間のバランス（結体）に関する規則群である。書道規則は、一般に、専門用語を用いて高度に洗練された表現で記述されており、計算機で直ちに利用できる形ではない。本研究は、毛筆字体デザインエキスパートシステムの字体評価機構設計の一環として、書道知識の表現の可能な字形モデルを明らかにし、また、書道規則を計算機で処理可能にするための問題点とその解決の基本方策を示すことが目的である。まず、毛筆字体の記述モデルとして階層分解合成モデルの利用を提案する。この結果、書道の決まりに合う『勢い』等がパラメータ空間内で表現でき、パラメータ間の相互関係をプロダクションルール形式で記述することにより、書道規則の表現が可能となる。次に、比較的具体的な書道規則 94 法を解析して、ルール化の問題点 17 項目を抽出し、その特徴により 6 グループに分類できることを示す。これらのうち、約 3/4 の規則についてはルール化の基本方針が得られる。また、より高度な規則の典型例を解析し、多数の例示の形式で適用条件、実行動作を具体化することにより、より具体的な書道規則群が得られることを示す。これらの解析から、書道領域におけるルール洗練化支援の方針を明らかにしている。

1. ま え が き

文字は元来人間の通信メディアとして生まれたが、単なるメディアにとどまらず、視覚情報としての特有の性質、すなわち、いかに美しく表現するかに関して長年にわたり多大の精力が注がれてきた。そのような分野には、書道をはじめとして機械化に伴う印刷活字、タイプライター・フォント、ドットマトリクス・フォント等の設計がある。計算機による文字の出力を考えると、東洋においては漢字フォントの設計が特に重要である。

張らによって考案された階層分解合成法¹⁾は、コード化された筆画（ストローク）の組合せによって字体を表現し、筆画を構成するセグメント当たりたかだか 6 個という少ないパラメータによって、書道の決まりに合う毛筆特有の勢いを伴う字形を生成することができる。本手法を用いれば、生成される文字に個性を付加することもある範囲内で可能と考えられる。しかしながら、生成される文字の美しさは、筆画ごとのパラ

メータを調整し組み合わせる文字設計者の持つセンス（芸術感覚）に依存しており、だれにとっても容易に美しい文字が生成できるわけではない。

書道芸術は経験的知識によるところが多く、その習得には長期的な実技訓練が行われている。階層分解合成法は、計算機上に実現された筆使いのモデルであり、その使いこなすには毛筆書道と同様に設計者の持つ芸術的センスや書道知識が必要となる。

人間の行うこのような漢字毛筆字体フォントの設計活動を支援するための方策として、本稿では、書道知識の計算機への移植の可能性を調べる。ここで対象とする書道知識は、文字を構成する部分パターン間のバランス（結体）に関する規則群 94 法が主である^{2),4)}。筆者らは、以前に、これらの中から表現内容が特に明確な 26 法についてプロダクションルールとしての計算機への移植を行い、『三水法』を例にルール化の過程を示している⁵⁾。本稿では、これらを含む 94 法すべてについてプロダクションルールとしての表現と洗練化について検討を行う。ここでは、書道知識を書道書にまとめられた書道規則に限定し、また、書道ルールは、本稿の字形モデル（階層分解合成モデル）に基づく複数のパラメータを用いて、書道規則を IF～THEN～型で記述したものを言うものとする。

本研究の目標は、直感的に理解しやすい表現を用いて、字体設計者が関連するパラメータ群を調節し、また、これに対してシステムが診断等の設計支援を行うことを可能にすることにある。しかしながら、人間の

† A Discussion on the Analysis and Rule Representation of the Calligraphic Knowledge for the Brush-Written Chinese Character Design Expert System by JIANCHAO ZENG, TAKESHI INOUE (Department of Communication Engineering, Faculty of Engineering, Osaka University), HIDEHIKO SANADA (Department of Business Administration, Faculty of Economics, Osaka University) and YOSHIKAZU TEZUKA (Department of Communication Engineering, Faculty of Engineering, Osaka University).

†† 大阪大学工学部通信工学科

††† 大阪大学経済学部経営学科

理解しやすい表現と計算機の処理できるパラメータ表現の間にはかなりの隔たりがあり、相互変換が必要である。書道規則と書道ルールの関係はその典型例とみなすことができる。書道規則のルール化にあたっては、まず、書道規則とパラメータとの対応付けを困難にする問題点を明らかにし、解決手順を与える必要がある。また、その過程においては、ルールの洗練化が重要であり、書道領域の特殊性を考慮し、ルールの詳細化・一般化を支援し管理する基本方策を明確に定める必要がある^{9),7)}。本稿では、これらの点を考慮し、比較的具体性の高いと思われる書道規則群を対象に、書道規則の表現の特徴を解析し、体系的なルール化の方策を講ずることを目的とする。

2. 毛筆文字デザインエキスパートシステム

本稿で想定する毛筆文字デザインエキスパートシステムの概念図を図1に示す。

図1において、スキャナ等により入力された文字はシステム内でパラメータ化され、文字設計者はシステムに対し対話を通じて指示を与え、文字を修正する。一方、システムは字形評価ルールを用いて文字パラ

メータに対して修正を行い、診断文を出力する。修正されたそれぞれの字体は画面に表示され、設計者の判断により文字パラメータベースに蓄えられる。

本システムで問題となるのは、図1の中央にある字形評価ルールの獲得方法である。書道は人間が直観的に判断している文字の視覚的な美しさを表す条件を書道用語を用いた規則の形で与えている。しかしながら、これらの表現は抽象度が高く、その上、計算機を用いて用語（記号レベル）と視覚（パターンレベル）の対応付けを行うことは極めて困難である。

階層分解合成法は、個々の筆画を次の6種の明確なパラメータに置き換え、字形パターンを比較的少ない変数集合によって表現できることを示した。

特徴パラメータ	$\left\{ \begin{array}{l} \text{セグメントの始点座標 } (X, Y) \\ \text{セグメントの主方向 } A \\ \text{セグメントの長さ } L \end{array} \right.$		
		修飾パラメータ	筆圧係数 D
			相対曲度 Q

本稿では、この階層分解合成パラメータを字体モデルとして用いることとする。以下では、これらのパラメータ間の書道規則に基づく対応付けを書道ルールの獲得とみなし、その方策について検討を進める。

3. 書道規則の解析

3.1 書道規則の分類

書道の知識源は、書道書と書道家の常識またはノウハウとして持つ経験的知識である。

書道書には、これまでに獲得された書道のノウハウ(法)が結晶とも言うべき洗練された形でまとめられている²⁾⁻⁴⁾。そこに記されている書道規則は、対象とする読者に応じて様々に表現が工夫されている。特に専門家向の書物³⁾はその表現の抽象度が極めて高いのが特徴である。ここでは、まず、書道規則がかなり具体的に述べられている書道書^{2),4)}の規則94法を検討の対象とする。

書道規則のプロダクションルールは、適用される文字の条件を記述した条件部と、その文字が満たすべき条件または文字を生成する際に留意すべき条件を記述したアクション部から成る。これらは、計算機で処理可能な表現を用いる必要がある。対象とする94法の書道規則について、まず適用条件に関する分類を行った結果、約1/3弱(28法)の規則は部首固有の規則であり、適用条件は明確であった。このほか、特定の文字例を条件としたものが35法あり、これらも適用

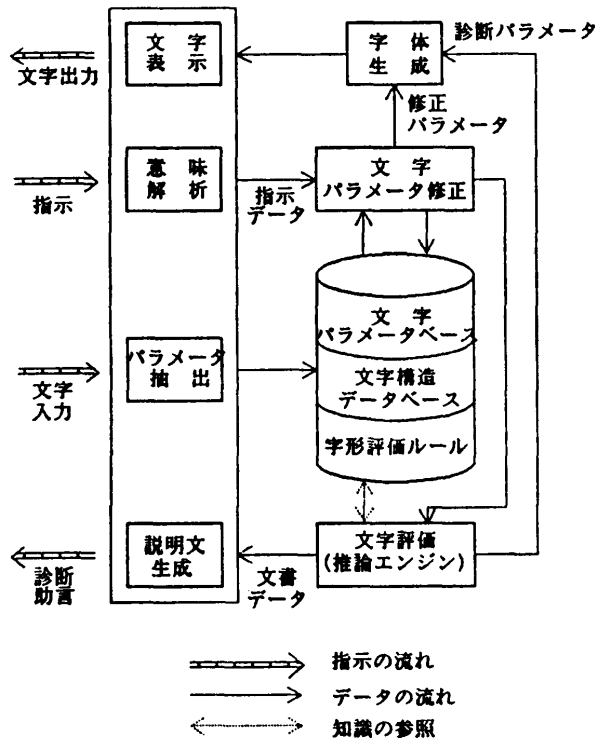


図1 毛筆文字デザインエキスパートシステムの概念
Fig. 1 Configuration of brush-written Chinese character design expert system.

条件は明確である。その他の 31 法は部分パターンとの位置関係（上下、左右等）や形状を条件としている。

本章では、これら 94 法について条件部、アクション部をルール化するための問題点についての検討を行う。

3.2 典型的規則の解析

書道規則は、『画を伸ばす』、『上部を縮める』、『他の画に譲る』等の専門的用語を用いて述べられることが多い。これらの言葉は、定性的であり、あいまいで意味の取りにくい場合も少なくない。本節では、二三の書道規則を例に取り、その難しさの評価を通じて書道規則をルール化するための問題の性質を明らかにする。

例 1——イ偏法

イ偏法の適用条件は、イを偏に持つ文字であり、極めて明確である。イ偏法は、実行部において、イの次撇（払い）の起筆を首撇の中央部に置くこと、また、その縦画の長さがつくりの画数のみの減少関数として定まることを述べている。

イ偏法の実行部の二つの動作は、文字固有の画数および階層分解合成パラメータの間の関数関係として次式のように表すことができる。

$$\text{次撇の始点座標 } S_2 = ((X_{n_1} + X_{e_1})/2, Y_{n_1})$$

$$\text{縦画の長さ } L_3 = F(\text{つくりの画数})$$

ただし、 (X_{i_1}, Y_{i_1}) は第 i 画の始点座標

(X_{e_i}, Y_{e_i}) は第 i 画の終点座標

ここで、 $F(\cdot)$ は関数を表している。

L_3 の関数ははっきりと与えられていないが、この場合、専門家の書を収集し、統計処理を行うことにより関数の形が推定可能である。

イ偏法による文字『徐』の字形修正実験例を図 2 に示

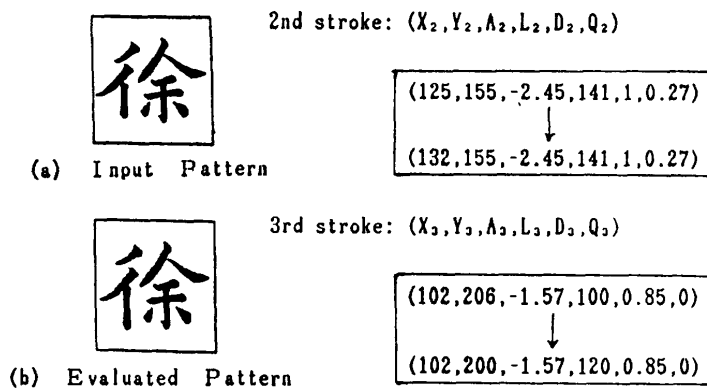


図 2 イ偏法ルールによる字形修正実験例

Fig. 2 An example character evaluated by the rule 『イ偏法』.

す。図 2 (a), (b) はそれぞれ修正前後のデータである。この時、第 3 画（縦画）の長さは、書道家に依頼して得たつくりの画数の異なる 50 個の文字データから 7 画のつくりの場合を推定し、決定している。

例 2——円法

円法の適用条件は、文字の下部パターンに『木』を持つ文字である。円法は、文字全体の字形が円形になるように『木』の横画を長く伸ばし、他の画を縮めるべきであると述べている。

円法の実行部には、『字形が円形となる』、『画を伸ばす』、『画を縮める』などの用語がある。これらの条件を実現するには、ストロークの相互位置を考慮し、円形に保つべき字形固有の特徴点または特徴パラメータを決定する必要がある。

例 3——短方法

短方法では、適用条件として『口』、『田』、『回』、『日』などの文字例が挙げられている。短方法は、字例のような文字に対して、その両肩を平たく開き、また、その両足を合わせるべきであると述べている。

短方法の適用条件は、字例のみである。実行部には、『両肩を平たく開く』、『両足を合わせる』などの表現がある。短方法の場合、字例による条件をいかにして一般化するか、実行部の動作の程度をどのようなパラメータ関数式で表現し、決定するかが問題となる。

3.3 ルール化の問題点の分類

前節で行った規則の典型例についての検討から、それぞれの書道規則をルール化の際の難しさには、幾つかの共通した問題点が存在することが推測できる。この観点から 94 法の規則それぞれについて問題点を挙示し、類似する問題点を集めることにより類型問題を抽出した。その結果を表 1 に示す。

これらの 17 の問題点を解決の難しさによって分類することを試みる。書道規則をルール化する場合、次の三つの局面が考えられる。

ステップ 1：専門家が規則の内容を具体的な表現に置き直して説明する。

ステップ 2：規則の内容を文字の各部の対応関係として記述する。

ステップ 3：システムの内部表現

表 1 難しさの分類表 (計 94 法)
Table 1 Taxonomy of rule difficulties.

円法 b, d, e	天覆法 e	上占地歩法 c, d, g	下占地歩法 c, d, f, g	蓋下法 e
従腕法 1 e	伸勾法 e, f	俯仰勾趯法 d, e	中占地歩法 1 c, d	三均法 a, g
横撇法 e	上小法 e	三停法 a, f	下走法 e, i, j	骨偏法 e, i
堆法 f, h	米偏法 e	上山法 f, g, h	上下小法 e, k	見旁法 e, i
貝偏法 e	頁旁法 e	長方法 f, g	蓋載法 c, e, f, g	聯撇法 2 e, j
鳥旁法 e	糸偏法 e, i	画長撇短法 1 e, n	左右占地歩法 d, l, p	下平法 f, h
上羊法 e	上羽法 f, h	地載法 1 d, e, l, q	上下占地歩法 d, l, p	分疆法 a, q
上禾法 j	下羽法 f, h	讓横法 d, e, m	中占地歩法 2 d, l, p	左感法 q
下夕法 i, j	勾裏法 e	画短撇長法 e, n	画長撇短法 2 e, n	減勾法 1 m, o
従腕法 2 e	屈脚法 e, j	平四角法 d, k, l	短方法 d, k, l	屈勾法 e, i, l
勾拏法 e	横波法 e	開両肩法 d, k, l	横長直短法 d, e, l	右垂法 e, h, l
横戈法 e	排点法 e	従波法 d, k, l	矮肥長瘦法 d, l, p	二段法 a, q
中堅法 e, l	懸針法 l	従戈法 d, e, l	横短直長法 d, e, l	三水法 c, e
減勾法 2 m, o	重撇法 e, l	横腕法 d, e, l	地載法 2 d, e, l, q	イ偏法 c, e
従撇法 e, l	讓直法 l	上短下長法 e, l	勾横法 c, d, e, j, l	力旁法 g, h
長法 d, l, p	上平法 f, h	勾直法 c, d, e, j, l	讓右法 f, g, h	β法 e, i
讓左法 f, h	応付法 c	左占地歩法 c, f, q	右占地歩法 c, f, q	欠旁法 e
聯撇法 1 e, j	巾偏法 e	木偏法 c, e	彳偏法 c, e, j	日偏法 e, j
女旁法 e	冫旁法 h	禾偏法 e, j	減捺法 e, m, o	

各難しさの意味

a	パターンの形の認識が必要	j	筆画の位置関係が不明
b	文字の形の認識が必要	k	局所的変形の程度が与えられていない
c	画数についての関数の定量性が不明	l	字例しか与えられていない
d	関数関係が与えられていない	m	条件の対象とする筆画が明らかでない
e	動作の程度が与えられていない	n	類似の条件がある
f	パターンの高さの計り方が不明	o	動作対象が明らかでない
g	パターンの幅の計り方が不明	p	パターンの幅の変形程度が示されていない
h	パターンの高さが定量的に示されていない	q	パターンの大きさの計り方が不明
i	書道用語の意味付けが困難		

表 2 ルール化の難しさのレベル付け
Table 2 Levelling for difficulties of rule representation.

		専 門 家			
		説明可能	説明困難	説明可能	説明困難
素 人	理 解 可 能	レベル1 (a, l, m, n, o) 規則数: 35		レベル4 (b, j) 規則数: 12	
	理 解 困 難	レベル2 (i) 規則数: 7	レベル3 (c, h, e) 規則数: 81	レベル5 (f, g, k, p, q) 規則数: 45	レベル6 (d) 規則数: 24
		内部表現可能		内部表現困難	

(字形パラメータ, 関数式) によって
ルールを記述する。

これらの局面の難易度により, 各問題点を解決する
時の難しさを特徴付けることができる。表 2 は, 三つ
のステップの難易により, 問題の特徴を 6 種類に分類

したものである。これ以外の二つの組合せは無意味
であり, 除外している。

表 2 の分類に従い, ルール化の難しさを順序付
ける場合, 規則の内容を内部表現で表すことの難
易が決定的な条件となると考えられる。これに従
い, 各々の難しさをレベル 1 から 6 までの 6 段階
に序列化することにする。

先に得た 17 の問題点について, これを解決す
る場合の各局面について検討し, それぞれが属す
るレベルにより分類を行った。その結果は表 2 に
示している。各レベルに属する問題点は, 書道規
則の表現の次のような特徴に対応している。

- (1) 難しさ(a), (l), (m), (n), (o)
特徴: ①適用条件は字例や類型を示すのみで, 不完
全である。
②注目すべき部位名が明示されていない。
- (2) 難しさ(i)

表 3 難しさによる94法のグループ分け
Table 3 Clustering of 94 rules according to their difficulties.

グループ1<レベル(1)>	4 法
グループ2<レベル(2)>	0 法
グループ3<レベル(3)>	38 法
グループ4<レベル(4)>	9 法
グループ5<レベル(5)>	20 法
グループ6<レベル(6)>	23 法

特徴：書道用語（例えば、『縮める』、『並行』、『近づく』等）の意味を具体的表現に置き換えるのが困難である。

(3) 難しさ(c), (h), (e)

特徴：動作の程度の定量化が困難である。

(4) 難しさ(b), (j)

特徴：字形の筆画の位置関係のパラメータ表現、認識が困難である。

(5) 難しさ(f), (g), (k), (p), (q)

特徴：用語『広さ』、『勢い』などの計り方が示されていない。

(6) 難しさ(d)

特徴：表現が抽象的で、字例によって動作が一定しない。また、着目すべき具体的な特徴が明示されていない。

これらの中で、(1), (2)の問題は専門家との対話により解決が見込める問題で、解決の見通しが良い。(3), (4)の問題は多くのデータから相互関係を見出す必要がある。さらに、(5)の問題は、特徴量の計り方や専門用語とパラメータの関係を明らかにする必要がある。また(6)の問題は、関連するパラメータを抽出する必要があることから、極めて困難な問題と考えられる。表2には、各レベルの難しさを持つ規則の数を並記している。

この分析に従って、94法の規則をルール化の見通しの良いグループ1から、実現しにくいグループ6までの六つのグループに分類した。グループ*i*とは、レベル*i*の問題点を持ち、レベル(*i*+1)以上の問題点を持たないような規則の集合である。94法をグループに分類した結果を表3に示す。第5章では、各グループに対して、それぞれルール化の基本方策を提案し、94法の規則のルール化への道を拓く。

3.4 類似規則と競合規則の解析

書道規則は、それぞれが独立に形成され、完成されてはいないため、規則同士が競合したり、類似することがある。これらの規則はルール化とその洗練化のた

めの糸口となる。

94法の規則には、中豎法と懸針法、画短撇長法と画長撇短法、上羽法と下羽法の3組の類似規則と、卩旁法と右垂法、三勾法と左右占地歩法の2組の競合規則が存在する。類似規則は、適用条件や実行動作が似ており、パターンのみからルール化を行うのは非常に困難である。また、競合規則は適用条件が重なり合い、実行動作が相反している。以下、それらの例を幾つか示す。

*中豎法と懸針法

中豎法：

適用条件は『卓』、『単』、『軍』等の文字例であり、文字の中直に垂露を用いることを指示している。

懸針法：

適用条件は『車』、『申』、『中』、『巾』などの文字例であり、中直に懸針を用いることを指示している。

『垂露』は終筆部を丸く止め、『懸針』は終筆部を鋭く伸ばす。これら二つは全く異なる動作であり、中直を持つ文字については、適用条件の詳細化を進める以外にいずれを用いるかを知る方法はなく、書道家による支援が必要である。

*卩旁法と右垂法

卩旁法：

適用条件は旁に『卩』を持つ文字であり、『卩』の縦画に懸針を用いる。

右垂法：

適用条件は『邦』、『卯』、『邗』などの文字例であり、傍の縦画に垂露を用いる。

右垂法の文字例『邦』、『邗』は明らかに卩旁法の適用条件も満足するが、この二つの規則の実行部は終筆部に異なる形を指示している。

書道規則をルール化、洗練化する諸段階において、専門家である書道家から得た多数の文字サンプルとコメントを整理し、基礎データとして利用する必要がある。上に述べた規則は、洗練化の諸段階で生じる類似規則、競合規則の典型例と考えることができる。これらの規則については、文字の成立にさかのぼる問題もあり、ルール化および洗練化の過程において書道家の示唆なしでは解決することができない。しかし、このような類似条件、例外条件の整理を進めることにより、ルールの洗練化を行うことが可能であると思われる。

4. 高度な書道規則のルール化

4.1 高度な規則の例

前章では、適用条件が比較的具体的に与えられている書道書からの 94 法の結体規則を解析し、ルール化の問題点を明らかにした。ここでは、専門家向けにより高度な表現で書かれた書道書³⁾ (36 法) を対象にする。本章では、その一例を取り上げ、3 章の規則との関連を調べる。

*頂戴法

頂戴法は、部分パターンの組み合わせによって構成される文字を対象にし、各部分パターンの相互関係と文字全体の勢いの関連を述べた規則である。書の勢いは、美的感覚の一つであり、書道領域において最も重視されるものである。

頂戴法は、『上にささげるものが多い文字は、もっぱら上を重く下を軽くすべきであり、この場合、頭に載せるものによって勢いを得ることが望ましい。文字を書く時、字の上半分の勢いは下から取り、下半分の勢いは上から取り、左右の場合も同様である。』と述べている。

この規則は、勢いに関する上下の部分パターンの関連について述べているが、表現が高度であり、3 章の分類ではグループ 6 に属すると考えられる。

3 章の 94 法の規則のうち、『上下占地歩法』、『上占地歩法』、『下占地歩法』、『中占地歩法』の 4 法は、『頂戴法』を特定の文字、特定の部分パターンについて特殊化したものであり、限られた対象に対して同一の規則を述べている。この意味で、『頂戴法』はこれらの規則を含むより一般化された規則である。『上下占地歩法』等の書道規則はその適用条件が字例などによって限定され、実行部が明快に表現されているのに対して、『頂戴法』は原則のみを与え、適用条件や適用部分に関して具体的に言及していないことが特徴である。この規則は、特殊化によって表現を具体化しなければ、ルール化は極めて困難である。

4.2 高度な規則の特徴

前節の例から、3 章の 94 法の規則と書道規則の具体化については次のような関連が存在することが分かる。

- (1) 具体的に述べている 94 法の規則は、その適用条件、適用文字を厳しく制限し、実行動作を定性的にせよ、と明示している。
- (2) 高度な規則 (36 法) は、適用条件をゆるくと

り、より高度な用語を用いて書道の本質的な内容を短い言葉で表現している。

- (3) 本章の 36 法の規則は、3 章の 94 法の規則全体よりも適用される文字の範囲が広い。

このように 36 法は、適用条件と実行動作の表現に極めて抽象的な用語を用いており、直接ルール化し、洗練化を進めることは 94 法の場合と比べて一層困難である。

4.3 感覚に依存する書道規則

36 法の書道規則のうち、小大・大小法は人間の感覚に関する規則である。

小大・大小法は、『大きく見える字は小さく、小さく見える字は大きく書くと、自然に丁度よい大きさになる。』、『日』と『国』は見え方の異なる文字の例である。文字は疎に過ぎても密に過ぎてもよくない。また、大に過ぎても小に過ぎてもよくない。小さ過ぎるものは伸ばして大にし、大き過ぎるものは縮めて小にする。疎肥 (画数が少なく太い字) は間をあげ過ぎず、密瘦 (画数が多く細かい字) は間を取るようにする。』と述べている。

小大・大小法は、専門家にとって説明は容易であり、視覚的にも理解しやすいが、文字の各部の関係を具体的に記述することは困難である。3 章の分類に従えば、この規則のグループ 5 に属する。

人間の感じる文字の大きさは、主観に頼るところが大きく、その定量化にはまだ決定的なものがなく、ルール化の難しいもののひとつである。

この規則は、特定の文字または字形パターンを対象にしたものではなく、文字全体の大きさの見え方を問題にしている。例えば、同一文字についても、書き方によって、大きく見える文字、小さく見える文字が存在するように、すべての文字に適用され、文字パターン全体 (すべてのパラメータ) に関係する規則の例と考えることができる。

5. 書道規則のルール化の方策

5.1 94 法の規則のルール化

3 章において、ルール化する場合の難しさに従って 94 法の書道規則を六つのグループに分類した。ここでは、各グループごとの、その問題点の解決方策について論じる。

- (1) グループ 1, 2 の書道規則への対応

このグループに属する規則は、字例のみを適用条件としていること、注目すべき部分パターン、特徴パラ

メータが明示されていないこと、などが特徴である。これらは、書道家の支援を仰ぐことにより、字例を拡大し列挙の形で適用範囲、着目箇所を明確にすることが可能である。

(2) グループ3の書道規則への対応

このグループに属する規則は、ルールの実行部においてどのようなパラメータ群に注目するかが示されているものの、その定量的関係が与えられていないことが特徴である。これには、字形の例を収集し、統計処理の手法を用いて定量的関係を推定する方法が有効と考えられる。3章の『徐』の修正はその一例である。

(3) グループ4の書道規則への対応

このグループの問題点は、ストロークの位置関係の表現において、着目すべき部位を内部表現することが難しいことにある。このような表現の例として、『触らないように』、『譲るように』、『包むように』などがある。これらは、注目すべき特徴パラメータをまず選び出し、その量的関係を決定する必要がある。特徴パラメータの決定には、書道家による仮説の生成と検証のステップを基本とする洗練化が必要と思われる。その効率化には、これを支援するための統計的なデータ処理の可能な環境が必要である。

(4) グループ5の書道規則への対応

グループ5は、書道規則で用いられる用語『長さ』、『高さ』、『幅』、『ひろさ』の計り方が問題となる。書道用語は感覚量を尺度とするため、物理量であるパラメータと対応付けるための妥当な感覚量の評価モデルが必要である。

(5) グループ6の書道規則への対応

グループ6は、関連する具体的特徴が明示されておらず、字種により、また個々の文字により動作の表現が様々に変化することにある。これは規則の一般性の

高いことが第一の理由と思われる。典型例は4.1節で述べた頂戴法であり、その具体化にはまず適用条件の詳細化が必要と考えられる。これには、書道家の経験と知識が不可欠であり、ルールとして記述できる具体的なパラメータを決定するには、書道家から示されるコメント等の情報を整理し、関連する表現を抽出するための方策の確立が重要と考えられる。

グループ1～3に属する規則については、書道規則を内部表現することができるため、手本となるデータを蓄積すれば、ルールの洗練化が可能である。

一方、グループ4～6のルール化には、書道家を含めたルールの具体化、洗練化支援環境の実現が必要である。図3に、ルール洗練化支援システムの構成を示す。書道家は字形修正ツールにより文字を修正し(①)、字形データおよびコメントをパラメータベースに蓄える(②)。ルールに基づく修正結果は、書道家により評価され(③)、書道用語で記述された書道規則ベースの内容(適用条件、動作)(④)、および用語辞書の用語・パラメータの対応関係(⑤)が修正される。ルールベースは、パラメータで表現された書道ルールが蓄積され、書道規則、用語の修正に対応し、ルール記述に変更が加えられる(⑥)。

5.2 より高度な規則のルール化

高度な規則の特徴は、前節の規則94法と比較すれば、文字の部分パターンの形状や位置関係が指定されることも少なく、字体のバランス、勢い、見え方等に関して抽象的表現で記述されていることにある。第3章で取り上げた小大・大小法はその典型例である。これをルール化する場合には、適用条件や実行動作の範囲を把握することが極めて難しい。その問題は二つに分けることができる。

第一は、適用条件のあいまいさである。その洗練化

の例は『頂戴法』に見ることができる。抽象度の高いあいまいな条件は、適用可能な字例、部分パターンあるいは具体的条件を専門家の手で数え上げることにより、複数の具体的規則に対応付けることができる。このような条件の具体化により、実行すべき対象が明確となり、実行部の記述も具体的になる。

第二は、感覚量に代表される字種によらない条件の存在であ

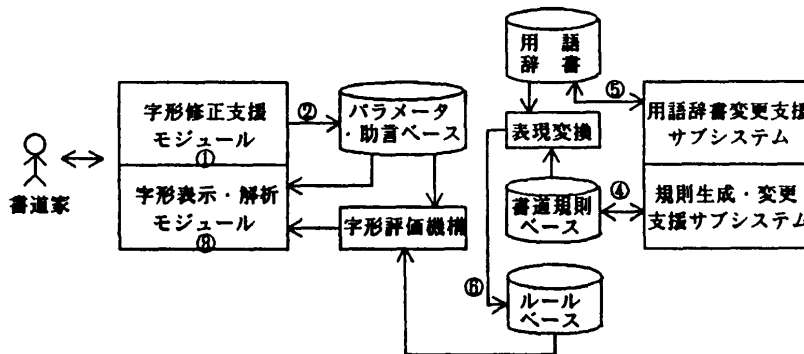


図3 書道知識洗練化システム

Fig. 3 Refinement system for calligraphical knowledge.

る。小大・大小法は字例や条件の具体化では規則の特殊化が図れない例の一つである。この規則をルール化するには、感覚的な大きさの定量化が不可欠である。

文字の感覚的な大きさは、物理的な大きさに相当する広がり量ばかりでなく、文字の複雑さにも深く依存している。例えば、広がり量 σ と複雑度 C を用いて、文字の感覚的な大きさが σ と C の関数としてほぼ近似できることが見出されている⁹⁾。

このような関数を見出すことは、小大・大小法という一つの書道規則のルール化に対応するが、このためには試行錯誤による数多くの実験が必要である。今後、さらに検討が必要な書道規則は多い。

6. む す び

毛筆漢字デザインエキスパートシステムに用いる書道知識のルール化について検討した。本稿では、主として、書道規則の記述を字形パラメータの関係として記述するための方策を問題にした。対象とする書道知識を書道書の規則に限定し、比較的具体的な規則 94 法および高度な書道規則の例 3 法を分析し、ルール化に当たって解決すべき問題点を明らかにし、解決方針を提案した。その結果をまとめると次のようになる。

(1) 一部の高度な規則からは、例示または部分パターンでの指定により、適用条件、実行対象の明確なより具体的な規則群を生成することが可能である。

(2) 具体的な規則はルール化に関して次の 5 種類に分類できる。

- ① 書道家の例示、指摘による列挙で解決し得るもの。
- ② 関係するパラメータ群が明確であり、多数のサンプルデータから定量的関係が推定可能なもの。
- ③ 関係するパラメータ群が明示されず、書道家の支援による推定が必要なもの。
- ④ 感覚量の測定が必要なもの。
- ⑤ 規則の一般性が高く、より具体的な条件による特殊化の必要なもの。

①～③については、解決の方針を示し、④については、『感覚的な大きさ』を例にとり、今後の検討方針を示した。⑤の問題の解決は今後の課題である。

現在、26 法についてはルール化を行っており、グループ 1～3 の 42 法についてはルール化の見通しが得られている。しかしながら、本稿の方針に従って得られるルール群は、書道書の記述に従った表面的ルールであり、これらを改良し、適用条件の正確さ、実行

動作の的確さを高めるためには、書道家の経験的知識を利用した洗練化が必要である。グループ 4～6 の規則群についても、ルール化に当たっては同様の経験的知識の利用が不可欠である。

また、文字を書くための基本的な規則はほとんどすべてが書道家の経験的知識として埋もれている。ルールの洗練化により、このようなノウハウに属する知識をルールの形で抽出することも可能であると考えられる。

このような考えから、現在、本稿で与えた規則の分類とルール化の方針に従い、ルールの洗練化を支援する書道ルール洗練化支援システムの構築を進めている。

小大・大小法のルール化に二人の研究者が一年かかったこと、書道規則の多いことを考え合わせると今後の道のりは遠い。書道エキスパートシステムを一日も早く作り上げるには、多くの研究者の参画が必要である。本稿がその呼びかけになればとねがっている。

謝辞 なお、本研究は文部省科学研究費一般研究 B (課題番号 61460132) による補助金を受けて行ったことを付記する。

参 考 文 献

- 1) 張, 真田, 手塚: 漢字楷書毛筆字体の計算機による生成, 信学論 (D), Vol. J 67-D 5, pp. 599-606 (1984).
- 2) 藤原楚水: 図解楷書事典, 省心書房, 東京 (1983).
- 3) 邓散木: 欧陽結体三十六法全釈, 人民美術出版社, 北京 (1963).
- 4) 丁文雋: 書法精論, 北京市中国書店 (1983).
- 5) 曾, 真田, 井上, 手塚: 書道における結体規則の表現に適した字形データ構造の提案, 信学論 (D), Vol. J 70-D 8, pp. 1671-1674 (1987).
- 6) Politakis, P. and Weiss, S. M.: Using Empirical Analysis to Refine Expert System Knowledge Bases, *Artif. Intell.*, Vol. 22, pp. 23-48 (1984).
- 7) Kahn, G., Nowlan, S. and McDermott, J.: MORE: An Intelligent Knowledge Acquisition Tool, *Proc. of 9th IJCAI*, pp. 581-584 (1985).
- 8) 吉村, 飯島: 文字字体の一設計法, 情報処理, Vol. 11, No. 3, pp. 135-143 (1970).
- 9) 樋口, 内尾, 北橋, 真田, 手塚: 文字の感覚的な大きさの定量化, 電子情報通信学会総合全国大会, No. 1493 (1987).

(昭和 62 年 6 月 2 日受付)

(昭和 62 年 12 月 9 日採録)



曾 建超 (正会員)

昭和58年中国・華中工学院電子工学科卒業。昭和62年、大阪大学工学研究科通信工学専攻修士課程修了。現在同博士課程在学中。パターン処理、知識処理に関する研究に従事。電子情報通信学会会員。



井上 健 (正会員)

昭和52年大阪大学工学部通信卒。昭和57年同大学院博士課程了。同年豊橋技術科学大学工学部助手。昭和60年大阪大学工学部助手。この間、コンピュータ・ネットワーク、通信プロトコルの性能解析の研究を行い、現在、パターン処理に関する研究に従事。工学博士。



真田 英彦 (正会員)

昭和37年大阪大学工学部通信卒。昭和42年同大学院博士課程了。同年大阪大学工学部助手。昭和48年同講師。昭和52年同助教授。昭和62年大阪大学経済学部教授。その間、通信網構成、スケジューリング、情報処理網およびパターン認識の研究を行い、現在、経営システム論、システム監査に関する研究に従事。工学博士。



手塚 慶一 (正会員)

昭和3年生。昭和26年大阪大学工学部通信工学科卒業。同大学院特別研究生となる。昭和29年愛媛大学助教授。以後山口大学、大阪大学助教授を経て、現在大阪大学工学部教授(通信工学情報工学講座担当)。オートマトンと言語、パターン認識、コンピュータネットワーク、データ伝送の研究に従事。工学博士。著書「電子計算機基礎論」、「待ち行列システム理論」(監訳)など。