



フラクタルを用いた毛筆文字のかすれ表現について[†]

中村 剛士* 松下 政親* 世木 博久* 伊藤 英則*

本論文では、我々が作成した毛筆文字生成システムにおける毛筆文字のかすれ表現方法について述べる。毛筆文字のかすれは非常に多彩であるが、本システムではフラクタルを利用して毛筆文字上に点をプロットすることでかすれパターンを作成し、実際の書道作品のかすれに類似した表現を実現した。また、ユーザの筆圧、筆速および墨量をファジィ評価してかすれを施す度合を決定し、これをフラクタルを用いてプロットする点の密度に対応させることで、かすれの濃淡を点の粗密によって表現した。本システムで作成した4つのタイプのかすれパターンではいずれも視覚的に実際のかすれにほぼ近いと思われる出力が得られた。さらに、視覚的な評価とは別に各々かすれパターンのフラクタル次元の評価を行ない、実際のかすれ毛筆文字と比較評価し、この評価では類似していることを示した。

キーワード：フラクタル、ファジィ推論、毛筆文字生成、筆圧・筆速の評価。

1. はじめに

今日、計算機の性能の向上にともない、様々な書体フォントを表示出力できるソフトウェアが増えている。そのソフトウェアのほとんどで、毛筆フォントも扱うことが可能となっているが、印刷活字である明朝体やゴシック体と同様に単なるグラフィック・パターンとして扱われている場合が多い。そのため、毛筆文字が手書き文字であるにもかかわらず、ユーザが好みに合わせて文字を自由に変形するなど個人性を文字に表現することができない。

筆者らはこれまで個性的な毛筆文字を生成する研究として、ワークステーション上で動作する毛筆文字生成システムを研究、作成してきた。[1-5] このシステムでは毛筆漢字を生成するために、楷書漢字の基本構成要素であるストロークに着目した入力、変換、出力表示の処理を行なう。このストローク毎の処理によって、システムはユーザの個性をストローク毎に反映させることができる。ここでいうユーザの個性とは各ストロークの配置、長さ、曲がり度合、筆圧、および筆速である。これらのうち筆圧と筆速については、システムがファジィ・ルールにより評価を行ない、その評価値をかすれ、にじみを施す度合に反映させている。

かすれ、にじみは共に印刷活字にはない墨汁を使った手書き文字特有のものである。特に毛筆文字においては、これらの表現が書道作品の趣を決定付けるほどであり、芸術的な観点から重要視される。しかし一

方、かすれやにじみには非常に多彩な形状があり、これらを計算機上で表現することは難しい。本研究以外の毛筆文字生成の研究[9-12]においては、かすれやにじみについてはほとんど触れていない。文献[12]には隷書におけるかすれ及びにじみ(暈け)の処理について述べられているが、かすれについては限定したストロークにある種のかすれ処理を施すにとどめ、にじみについてはちりちりになるにじみ処理のみを扱っている。筆者らの以前の論文[1-4]ではファジィを利用してかすれ、にじみの出力表示を行なったが、にじみ表現については満足できる結果が得られたものの、かすれの表現については必ずしも満足できる結果ではなかった。なお、ペイント系ツールにはかすれ表現手法を備えたものが存在するが、本システムが文字作成後にかすれ処理を施し、かすれ毛筆文字を作成する方式を採用しているのに対して、これらのツールは画面上の筆カーソルを移動させる際にリアルタイムにかすれ処理をする方式を用いており、両者はかすれ表現方式が異なる。

本論文では、ユーザの個性を表す重要な要素であるにもかかわらず、これまであまり研究されていなかったかすれの表現方法について述べる。かすれの形状は書道作品を書く際の創作条件に大きく依存する。例えば、濃墨で含墨を少なく、運筆の速度をはやめて渴筆を生かした場合、筆の動きがよく現れたかすれが現れる。また、濃墨で含墨を多くゆったりと速度を遅くして運筆して、処々に配したかすれの形状は文字上に穴が空いた雰囲気を持つ。本研究ではいくつかの創作条件を仮定し、それぞれの場合において生成されるかすれパターンの実現を試みた。なお、本研究では毛筆文字のかすれを濃淡画像としてとらえ、濃淡画像を生成する1手法としてフラクタル[6]を利用することで、疑

[†] A Scratch-Expression of Calligraphy Characters Using Fractals

Tsuyoshi NAKAMURA, Masachika MATSUSHITA, Hirohisa SEKI and Hidenori ITOH

* 名古屋工業大学 知能情報システム学科

Department of Intelligence and Computer Science, Nagoya Institute of Technology

似的なかすれパターン例を作成した。

2. システムの構成と処理の流れ

本システムの構成を図1に示す。本システムは入力部、認識部、画変形部、ファジィ演出部、フラクタル処理部、出力部、分類データベース、標準画データベースの8つの部分から構成される。ファジィ演出部とフラクタル処理部はかすれ表現に直接関係する部分である。この2つの部分についてはそれぞれ3、4節で詳細を述べる。

本システムの特徴の1つである1ストローク毎の処理を行なうために作成した、ストロークの類似度によりJIS第1第2水準の楷書を分類したものを表1*に示す。以降これを分類データベースと呼び、入力画の認識に用いる。認識部は入力画をキーとしてこの中から1つのストロークを選択する。表1の gr_no (グループ番号) と p_no (パターン番号) は認識部が入力画を認識し、識別したID(gr_no, p_no)を示す。

本システムの基本的な処理の流れを次に示す。本システムはユーザが入力する筆順に従って入力されるストローク単位に以下の処理(i)-(vii)を繰り返し行ない、毛筆漢字を完成する。

- (i) ウィンドウに入力画を描画する。
- (ii) 認識部(ニューラルネット[8])で分類データベースを用いて入力画を分類する。
- (iii) 認識部からの出力ID(gr_no, p_no)によって入力画に対応する標準画データベース**を検索し出力画の詳細情報を得る。
- (iv) 入力画情報(大きさ、筆圧、曲がり度合)をもとに出力画を変形する。

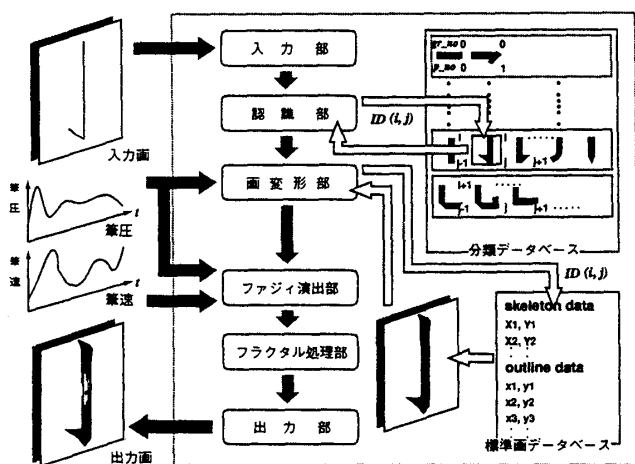


図1 システムの構成と処理の流れ

* 本システムでは46種類を抽出し、これを21のグループに分類した。

** 本システムでは硬い筆で描いた場合と柔らかい筆で描いた場合の2種類の標準画データベースを備えており、ユーザはどちらかを選択することができる。

- (v) 筆圧と筆速の測定、解析情報からファジィ推論によってかすれとにじみを施す度合を決定する。
- (vi) かすれ部分をフラクタル表現により処理する。
- (vii) 毛筆出力画を画面上に表示する。

なお、本システムの入力装置は電子ペンであり、ユーザは容易な操作でシステム・ウィンドウ上に毛筆文字を作成できる。また、本システムにはユーザが設定可能なパラメータをいくつか設けたが、デフォルト設定したパラメータを利用するのみならば、システムを利用する際ユーザが行なうべき設定は皆無である。

3. 筆圧と筆速の評価

筆圧と筆速は入力装置である電子筆圧ペンから得ることができ、筆圧については0~30段階でサンプリングする。ファジィ演出部において、筆圧と筆速は墨の量とともに表2、表3に示すファジィ・ルールにより評価され、かすれ度合(s_degree)とにじみ度合

表1 画の分類(分類データベース)

$gr_no \backslash p_no$	0	1	2	3	4
0	一	一			
1	3	3	3		
2	ㄥ	ㄥ			
3	7	7			
4	7	7	7		
5	フ	フ	フ		
6	丨	丨	レ	丨	丨
7	し	し	し		
8	乙	乙	乙		
9	ㄥ	ㄥ			
10	ノ	フ			
11	ノ	ノ			
12	ㄥ				
13	く				
14	ㄥ				
15	✓				
16	ㄥ	ㄥ	ㄥ		
17	ノ	ノ			
18	ノ	ノ			
19	ノ	ノ			
20	✓				

(*b_degree*)を決定する。墨の量については書き始めの入力時間0のときを最大量として入力時間に比例して減少していくものとした。それぞれのメンバーシップ関数を図2に示す。

4. かすれ表現

毛筆文字のかすれは筆の動いた結果できる墨の軌跡であり、その形は筆のながれを表している。この点でかすれは筆の動きに依存しやすい。しかし、かすれの形状には墨の濃度や含量、筆圧、筆速などの様々な要素が関係し、その形状を完全に特定することは困難である。このことから、かすれ形状はランダム性により表示する方法が考えられる。本システムではその両面性を考慮したかすれの表現方法を用い、かつかすれを濃淡(点の粗密)によって表現するためにファジィ出力値を利用したフラクタルについて述べる。

4.1 基本アルゴリズム

本システムでは、ストローク上にかすれ線と呼ぶ線

表2 かすれ度合(*s_degree*)を出力するファジィ推論ルール

		筆圧								
		LW			MD			HG		
		筆速			筆速			筆速		
		LW	MD	HG	LW	MD	HG	LW	MD	HG
墨量	LW	MS	MD	VL	MS	MS	ML	ZO	MS	MD
	MD	ZO	ZO	MS	ZO	ZO	MS	ZO	ZO	ZO
	HG	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO

表3 にじみ度合(*b_degree*)を出力するファジィ推論ルール

		筆圧								
		LW			MD			HG		
		筆速			筆速			筆速		
		LW	MD	HG	LW	MD	HG	LW	MD	HG
墨量	LW	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO
	MD	ZO	ZO	ZO	MS	ZO	ZO	MS	MS	ZO
	HG	MD	MS	ZO	ML	MS	MS	VL	MD	MS

HG: high, MD: medium, LW: low, ZO: zero, MS: medium small, ML: medium large, VL: very large

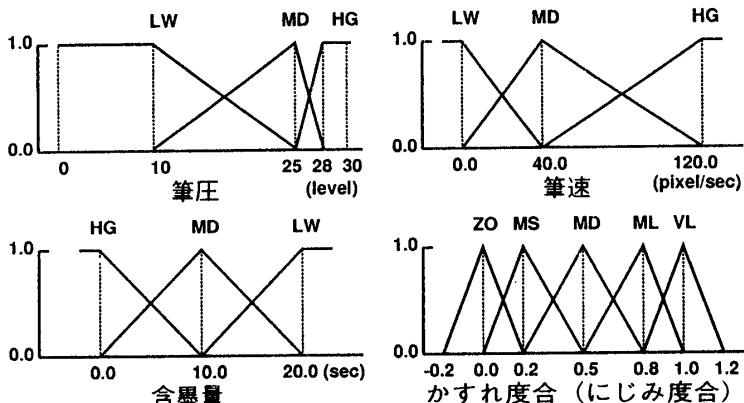


図2 メンバーシップ関数

を複数本描き、さらにフラクタルを用いて、かすれ線の上に点(白色)*をプロットしていくことで疑似的にかすれを表現する。図3にかすれ表現の基本アルゴリズムの概要を示す。本節では図3のプロセスI, IIについて述べる。また、プロセスIIIのフラクタル処理については次節で述べる。

まず、第1段階ではストロークを部分区間に分割する。分割数についてはストロークの長さによって異なる。第2段階では各部分区間ごとに線分を描く。この線分をかすれ線分と呼ぶ。このかすれ線分を連結することでかすれ線を形成する。図4にその詳細を示す。各部分区間に描くことのできるかすれ線分の最大値 $N(i)$ 、および各部分区間に描くかすれ線分の数 $s_no(i)$ は次のように決定する。なお、 k^* は0.0から1.0までの値をとることができ、 W_i は第 i 区間の特定位置の太さであり、 $s_degree(i)$ は第 i 区間のかすれ度合である。

$$N(i) = k \cdot W_i \quad (0.0 \leq k \leq 1.0) \quad (1)$$

$$s_no(i) = s_degree(i) \cdot N(i) \quad (2)$$

部分区間内におけるかすれ線分の配置について述べる。第 i 区間では、 $s_no(i)$ 本のかすれ線分が描かれるが、それらは1~ $N(i)$ までの番号で表される位置に配置される。この番号を位置番号と呼ぶ。配置する位置番号の選択は無作為に行なうが、前区間、つまり第 $i-1$ 区間にかすれ線分が存在している場合は前区間のかすれ線分が描かれた位置番号と同じ位置番号を現区間では優先的に選択し、その位置にかすれ線分を

I. ストロークを部分区間に分割



II. かすれ線の描画



III. フラクタル処理



図3 かすれ表現の基本アルゴリズムの概要

* 標準画を黒色で塗りつぶした後、かすれ処理を行なうため、プロットする点の色を白色としている。
 ** ここでは、k はユーザが自由に設定可能な値とした。

描く。

第 $i-1$ 区間と第 i 区間で選択した位置番号が同一の場合はその位置番号に描かれたかすれ線分を連結してかすれ線を形成する。この処理を第 1 区間から最終区間まで繰り返し、複数本のかすれ線を得る。本システムでは、かすれ線分を連結してかすれ線を形成することで筆のながれを表現し、かすれ線分の配置をランダムに行なうことでかすれ形状にランダム性を持たせた。

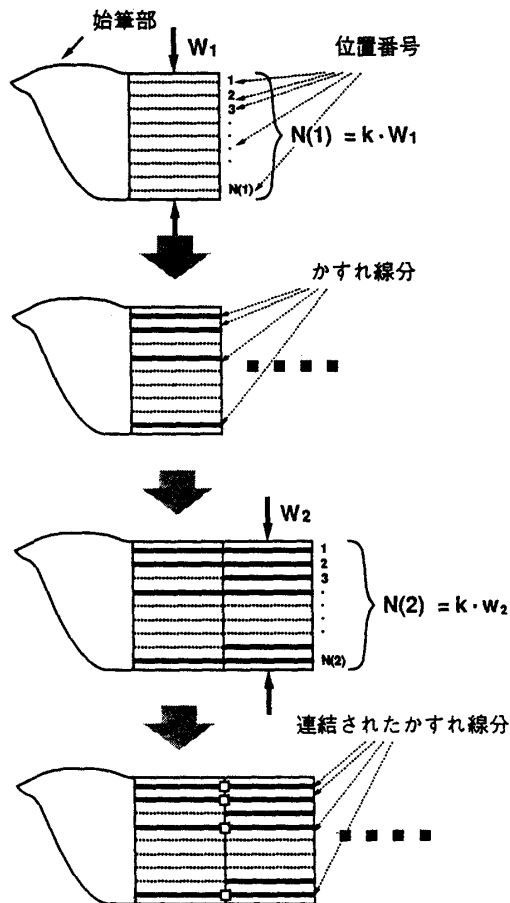


図4 かすれ線の形成

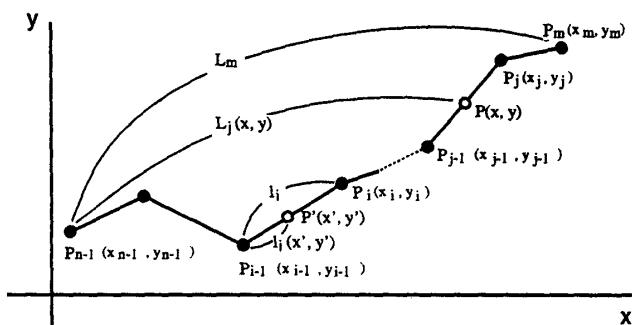


図5 かすれ線

4.2 フラクタル処理

かすれ線は図 5 に示すように $\{P_i(x_i, y_i) : i=n-1, n, \dots, m \geq 0\}$ を通る連続関数で表され、各部分区間 $(P_{i-1}P_i (i=n, n+1, \dots, m))$ において線形である。以降、部分区間 $P_{i-1}P_i$ を第 i 区間と呼ぶ。

本システムではアフィン変換[6]を用いてかすれ線上に点をプロットすることで、かすれを表現する。本システムで用いたアフィン変換 $w_i (i=n, n+1, \dots, m)$ は条件式(3)を満たす変換式であり、式(3)から導出される。 $L_j(x, y)$ は $P_{n-1}(x_{n-1}, y_{n-1})$ から第 j 区間にある $P(x, y)$ までの累積距離であり、 L_m は $P_{n-1}(x_{n-1}, y_{n-1})$ から $P_m(x_m, y_m)$ までの累積距離であり、かすれ線全体の長さを表す。 $l_i(x', y')$ は $P_{i-1}(x_{i-1}, y_{i-1})$ から第 i 区間の $P'(x', y')$ までの距離を表し、 l_i は第 i 区間の距離を表す。確率 $P(w_i)$ で無作為に選択された変換 w_i により第 j 区間上の $P(x, y)$ は第 i 区間上の $P'(x', y')$ に移動する(図 6 参照)。

$P'(x', y')$ に大きさ $r0$ の点をプロットして、 $P'(x', y')$ を新たに $P(x, y)$ とする。以降、同様の変換を反復*する。この処理をかすれ線毎に行ない、かすれを表現する。

$$\frac{L_j(x, y)}{L_m} = \frac{l_i(x', y')}{l_i} \tag{3}$$

ただし

$$l_i(x', y') = (x' - x_{i-1})^2 + (y' - y_{i-1})^2 \quad (i=n, n+1, \dots, m)$$

$$l_{i-1} = 0$$

$$l_i = (x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2 \quad (i=n, n+1, \dots, m)$$

$$L_j(x, y) = \sum_{k=n-1}^{j-1} l_k + l_j(x, y) \quad (j=n, n+1, \dots, m)$$

$$L_m = \sum_{i=n-1}^m l_i$$

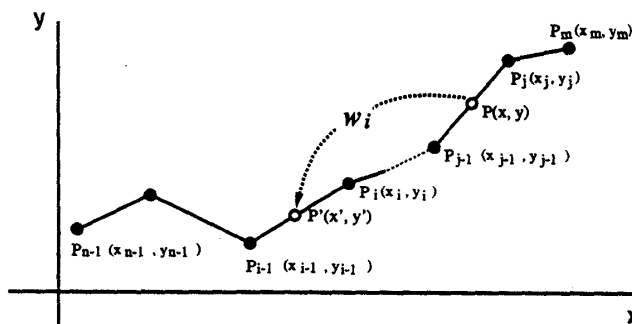


図6 フラクタル処理

* 標準画を黒色で塗りつぶした後、かすれ処理を行なうため、プロットする点の色を白色としている。
** ここでは、k はユーザが自由に設定可能な値とした。

* 反復回数 N_w については $N_w = L_m/2$ としたが、これについては最大 $N_w = L_m$ までの範囲でユーザが自由に変更可能である。

変換 w_i の選択確率 $P(w_i)$ は次式で表される. $s_degree(i)$ は第 i 区間におけるかすれ度合(ファジィ推論による出力結果)を表す.

$$P(w_i) = \frac{s_degree(i)}{\sum_{i=n}^m s_degree(i)} \quad (4)$$

$$L_j(x, y) = \sum_{k=n-1}^{j-1} l_k + l_j(x, y)$$

$$\sum_{i=n}^m P(w_i) = 1 \quad (5)$$

上式はかすれ度合($s_degree(i)$)が高い箇所は数多くの点がプロットされ, かすれ度合の低い箇所ではプロットされる数が少なくなることを示している. すなわち, 本システムでは, 上式を用いることでプロットする点の密度(粗密)をかすれの濃淡に対応させ, かすれ表現を行なった.

4.3 かすれパターンの多様化

書道における創作条件には筆・墨・紙・硯などの要素が挙げられる. その1つである筆のみを取り上げてみても同じ筆を使用する場合で, 運筆の速度や筆圧による変化または用筆法の違いなど諸条件が存在し, その条件の違いによって文字の表現が変わってくる. とくにかすれは創作条件によってその違いが顕著に現れ, 様々な形状にかすれを形づくる[13].

本稿では, 様々な要素がある創作条件のうち筆の種類, 筆速, 含墨, 墨の濃度の4要素の組み合わせからなる条件を仮定し, その条件下で現れる実際の毛筆文字のかすれを模して, 本システム上で疑似的なかすれパターンを作成した. また, 仮定する創作条件としては, 筆は“柔らかい筆”と“硬い筆”の2種類, 筆速は“速い”, “標準”, “遅い”の3段階, 含墨は“多い”, “標準”, “少ない”の3段階, 墨の濃度については“濃い”, “標準”の2種類を考え, それぞれを組み合わせる. 図7~10に4タイプのかすれ毛筆文字の出力例“春”, “夏”を示す. なお, かすれパターンの作成方法は基本的には前節で述べたアルゴリズムに従っているが, 創作条件の違いによって一部パラメータの追加や部分的な変更がある. また, 2節の脚注で述べたように2種類の標準画データベースを用意することで, 筆の種類によってデータベースの交換を行ない, 出力表示する毛筆ストロークを変える. 以下に本システムで作成した4つのタイプのかすれパターンについて述べる.

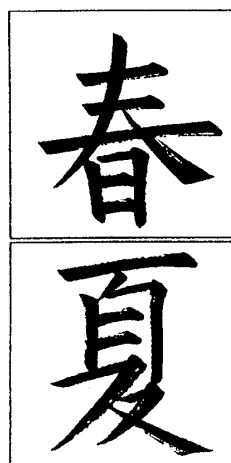


図7 タイプ 1



図8 タイプ 2

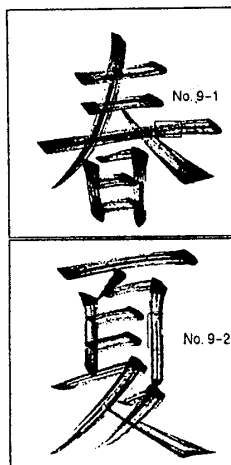


図9 タイプ 3



図10 タイプ 4

i) タイプ 1

図7のかすれパターンはストロークの端部分がかすれる場合を模したものである. このかすれの創作条件は筆を“硬い筆”, 筆速を“標準”, 含墨を“標準”, 墨の濃度を“標準”とした場合であり, このパターンはかすれ線分をストロークの端部分に集中的に配置することで作成した. なお, 以降特記しないかぎり, 創作条件は図7のパターンを作成した場合と同じである.

ii) タイプ 2

図8のかすれパターンは創作条件として筆速を速めた場合に現れる最も一般的なかすれを表現したものである. このパターンはかすれ線分の配置に一様乱数を使用し, ランダムに配置することによって作成した, つまり前節のアルゴリズムに忠実である.

iii) タイプ 3

図9は図8のパターンの創作条件である筆速を速めたことに加え, 筆の含墨が少ない場合に現れるかすれ

を表現した。このパターンもまたタイプ2と同様に一樣乱数を使用したかすれ線分の配置を行なうが、フラクタル処理の際にプロットする点の大きさを $r(i)$ として次式によって可変とした。このことによってかすれが現れる部分は大きく全体がかすれる。なお、 $r(i)$ はストロークを分割した部分区間である第 i 区間中にプロットする点の大きさを表す。

$$r(i) = (1 + k \cdot s_degree(i)) \cdot r_0 \quad (6)$$

$$(k \geq 1.0)$$

なお、タイプ1~3の作成には同一の入力データを使用しているが、筆速および墨量のファジィ・メンバーシップ関数を変形し、筆速と墨量の評価を変えることでファジィ推論によって出力されるそれぞれのかすれ度合を変化させている。

iv) タイプ4

図10に示すかすれパターンは柔らかい筆を用い、筆速を遅くし、墨の量を多くして、かつ濃墨の場合に現れる団塊状のかすれを表現したパターンである。このパターンはかすれ線分をある程度の領域に密集させて配置することによって作成した。

4.4 フラクタル次元解析

ここでは1評価方法としてフラクタル次元を用いて解析を行なう。実際に毛筆を用いて作成したかすれ毛筆文字を図11,12に示す。なお、図11はタイプ2で仮定した創作条件で作成したものであり、図12はタイプ3で仮定した創作条件において作成した文字である。

4種類のかすれパターンのうち、図8,9に示したタイプ2,3の2種類のかすれパターンについてフラクタル

次元を調べた。タイプ2,3のかすれパターン、図11,12の実際の毛筆文字1,2それぞれのフラクタル次元の推定にはハウスドルフ次元[7]を用いた。パターン P を1辺 r の“箱(矩形)”で覆うのに必要とされる箱数を $N(r)$ とし、このとき、パターン P のハウスドルフ次元 $H(P)$ は次のように定義される。

$$H(P) = \lim_{r \rightarrow 0} [-\log N(r) / \log r] \quad (7)$$

図13(a)~(h)に単位スケール r と被覆数 $N(r)$ の各対数値をプロットした結果を示す。このプロットしたものに最小2乗法で直線をあてはめ、その傾きからタイプ2,3のかすれパターンと実際の毛筆文字1,2のかすれそれぞれのフラクタル次元を近似的に推定した結果を創作条件別にそれぞれ表4,表5に示す。表4中の各フラクタル次元はほぼ1.96程度を示している、また表5中の各フラクタル次元については1.91程度を示している。

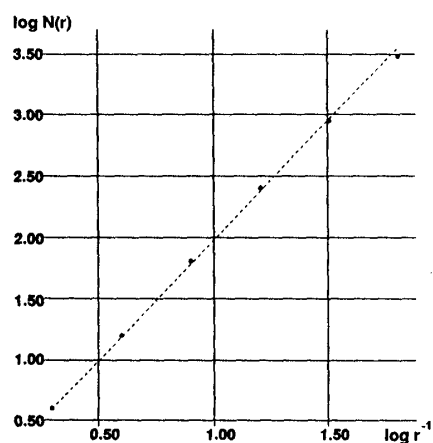


図13(a) No.8-1(図8) $H(P) : 1.96$

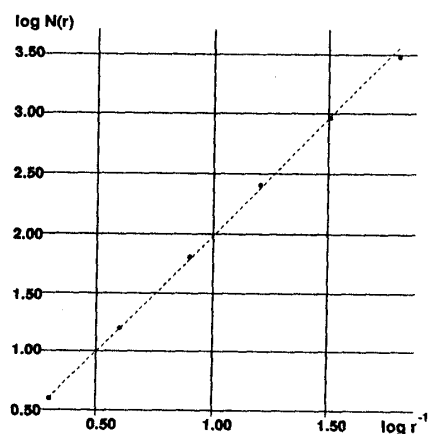


図13(b) No.8-2(図8) $H(P) : 1.96$

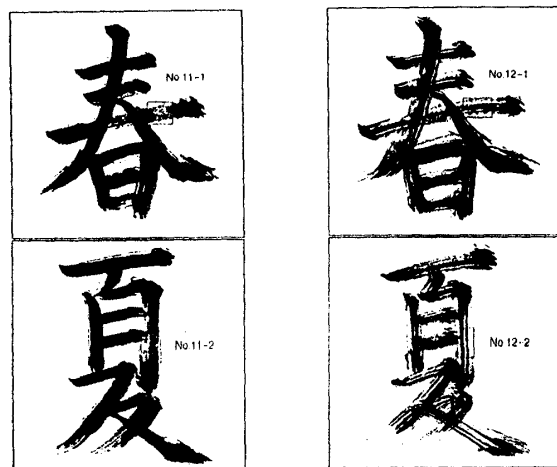


図11 実際の毛筆文字1 図12 実際の毛筆文字2

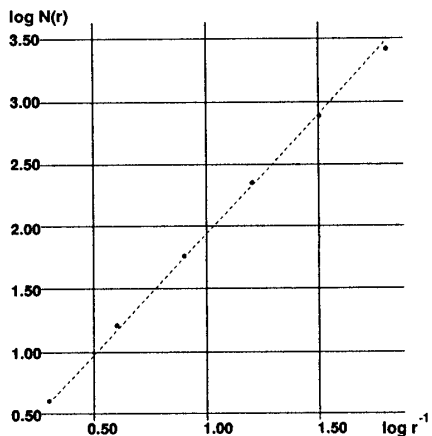


図13(c) No.9-1(図9) $H(P) : 1.92$

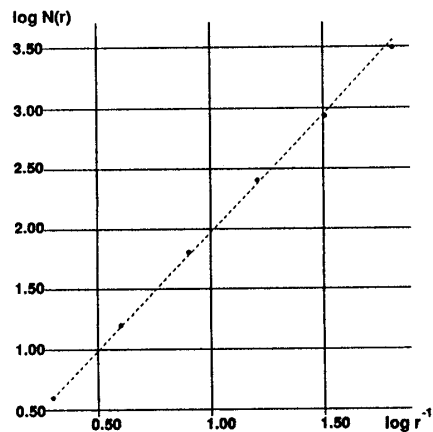


図13(f) No.11-2(図11) $H(P) : 1.97$

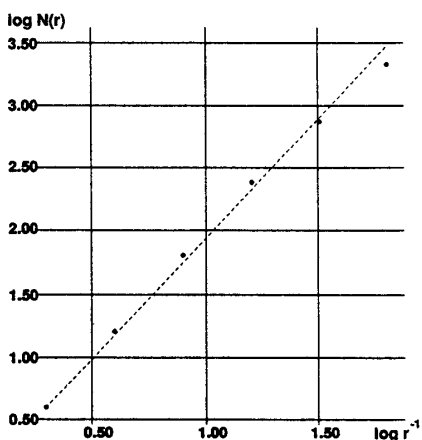


図13(d) No.9-2(図9) $H(P) : 1.91$

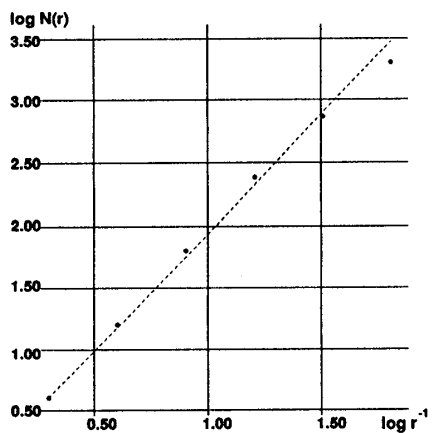


図13(g) No.12-1(図12) $H(P) : 1.90$

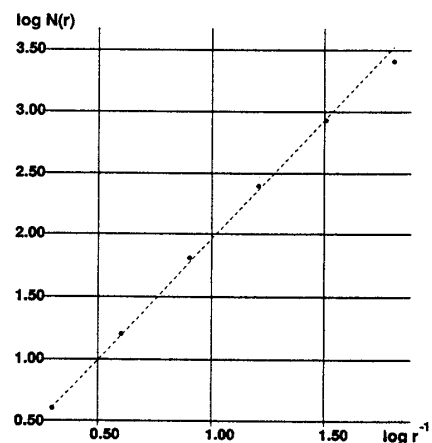


図13(e) No.11-1(図11) $H(P) : 1.94$

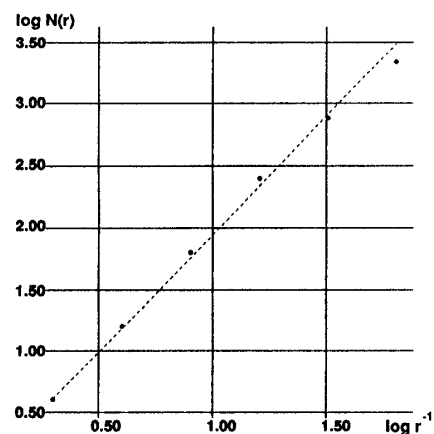


図13(h) No.12-2(図12) $H(P) : 1.91$

図13 フラクタル次元の推定

表4 推定したフラクタル次元

かすれ箇所	図 8		図 11	
	No.8-1	No.8-2	No.11-1	No.11-2
$H(P)$	1.96	1.96	1.94	1.97

創作条件: タイプ 2 に同じ

表5 推定したフラクタル次元

かすれ箇所	図 9		図 12	
	No.9-1	No.9-2	No.12-1	No.12-2
$H(P)$	1.92	1.91	1.90	1.91

創作条件: タイプ 3 に同じ

5. おわりに

本稿ではかすれの表現方法について述べ、その表現方法によってかすれパターンの表現ができる可能性を示した。かすれパターンの表現にはフラクタル処理を用いるとともに、アフィン変換の選択確率にファジィ推論の出力値であるかすれ度合を反映させたことにより、かすれの濃淡を点の粗密により表現したことによる。

また、実際の毛筆文字のかすれ箇所の一部と本システムで作成したかすれパターンの1部それぞれのフラクタル次元を評価した結果についてはフラクタル次元の推定値が近い値を示した。しかし、本システムで作成したかすれパターンと実際の書道のかすれのフラクタル次元は完全には一致しておらず、この点については、さらに多くのかすれサンプルのフラクタル次元を調べ検討していく必要があるとともに、フラクタル次元の解析のみでは評価が十分とはいえず、他の評価方法についても今後の検討課題である。また、本稿で示したかすれパターンは代表的な4種類のみだったが、実際の書道では様々な創作条件によって様々なかすれの形状が存在する。とくに墨の粘度はかすれ形状を左右する重要な要素の1つであり、これを考慮した上で、さらに今後実験・検討を重ね、より多くのかすれパターンを作成していく予定である。最後に本システムの演算時間を記す。

参 考 文 献

- [1] T. Nakamura et al: A Writing System for Brush Characters Using Neural Recognition and Fuzzy Interpretation, Proc. of International Joint Conference on Neural Networks, pp.2901-2904, 1993.
- [2] T. Nakamura et al: A Calligraphy System Based on Analyzing User Writing Speed, Proc. of The 3rd International Conference on Fuzzy Logic, Neural Nets and Soft Computing, pp.189-190, 1994.
- [3] T. Nakamura et al: Fuzzy-Based Writing System for Acquiring Good Writing Skill of Brush Characters Based on the Analysis of Writing Speed, Proc. of The 3rd Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence, Vol.2, pp.822-827, 1994.
- [4] 中村 他: 筆記速度のファジィ評価方法を導入した毛筆文字生成システムについて, 日本ファジィ学会誌, Vol.7, No.2, pp.371-379, 1995.

表6 システム演算時間

処理ブロック	平均演算時間 (msec/1stroke)
入力部	16
認識部	48
変形部	10
ファジィ演出部	166
フラクタル処理部	346
出力部	64
全体	646

出力文字: 図9に同じ
 入力データ: 同上
 かすれパターン: タイプ3
 実験回数: 50回
 実験機: SS5 (75MHz)

- [5] T. Nakamura et al: A Fuzzy-Based Calligraphy System Using Fractals, Proc. of The Third European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing, pp.1440-1444, 1995.
- [6] Michael Barnsley: Fractals Everywhere, Academic Press, 1988.
- [7] 金子 博: フラクタル特徴とテキスト解析, 信学論, Vol.J70-D, 5, pp.964-972, 1987.
- [8] Rumelhart, D., Hinton, G. and Williams, R.: Learning Representations by Back-propagation errors, Nature 323, pp.533-536, 1986.
- [9] 山崎, 山本, 井口: 筆記速度分析を導入したCAIシステム, 信学論, J70-D, 11, pp.2071-2076, 1987.
- [10] 山本, 山崎, 井口: 書写技能知識を組み込んだCAIシステム, 信学論(D-II), 9, pp.1493-1500, 1989.
- [11] 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, J67-D, 5, pp.599-606, 1984.
- [12] 張, 真田, 手塚: 階層分解合成法による隷書体漢字の生成, 信学論, J68-D, 8, pp.1489-1496, 1985.
- [13] 若月敏明編: 楷書百科, 芸術新聞社, 1988.

(1995年5月22日 受付)

(1995年10月9日 受付)

[問い合わせ先]

〒466 名古屋市昭和区御器所町
 名古屋工業大学
 知能情報システム学科 伊藤研究室内
 中村 剛士
 TEL : 052-732-2111 (5819)
 FAX : 052-735-5477
 email : tnaka@juno.ics.nitech.ac.jp

著者紹介



中村 剛士 (なかむら つよし)

名古屋工業大学 電気情報工学

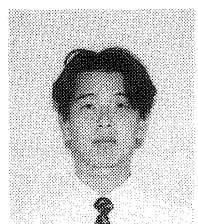
1993年 名古屋工業大学工学部電気情報工学科卒業。1995年 同大学院博士前期課程修了。現在同大学院博士後期課程在籍中。ニューラルネットワーク、ファジィ推論等に興味を持つ。情報処理学会、ファジィ学会各会員。



世木 博久 (せき ひろひさ)

名古屋工業大学 知能情報システム学科

1979年 東京大学工学部計数工学科卒業。1981年 同大学院工学系研究科修士課程修了。同年4月より三菱電機(株)中央研究所に勤務。1985年~1989年(財)新世代コンピュータ技術開発機構に出向。1992年4月より名古屋工業大学工学部知能情報システム学科助教授。工学博士。論理プログラミング、演繹データベース等に興味を持つ。電子情報通信学会、人工知能学会、ACM、IEEE Computer Society 各会員。



松下 政親 (まつした まさちか)

トヨタシステムインターナショナル(株)

1995年 名古屋工業大学知能情報システム学科卒業。同年 トヨタシステムインターナショナル(株)入社。在学中はファジィ推論、フラクタルの研究に従事。



伊藤 英則 (いとう ひでのり)

名古屋工業大学 知能情報システム学科

1974年 名古屋大学大学院工学研究科博士課程電気電子専攻満了。工学博士号取得。1974年 日本電信電話公社横須賀研究所勤務。1985年(財)新世代コンピュータ技術開発機構出向。1989年 名古屋工業大学教授。現在知能情報システム学科所属。この間、数理言語理論、計算機ネットワーク通信、OS、知識ベースシステムなどの研究開発に従事。電子情報通信学会、情報処理学会、人工知能学会、形の科学学会、ファジィ学会各会員。

A Scratch-Expression of Calligraphy Characters Using Fractals

by

Tsuyoshi NAKAMURA, Masachika MATSUSHITA, Hirohisa SEKI and Hidenori ITOH

Abstract :

In this paper, we describe a method of scratched-look expression of our calligraphy system. Scratched-look has very various patterns. Our system makes scratched-look patterns by using fractals. In this system, a scratched-look expression is expressed by white points which are plotted with affine transformations on a calligraphy character. Thus, the system realizes scratched-look patterns which resemble real calligraphy scratched-look patterns. Moreover, the system evaluates user writing speed and pen pressure, and decides the degree of scratchiness(s_degree). The density of plotted points corresponds to s_degree , the shade of scratchiness is expressed. All 4 types of scratched-look patterns which are made in this system are close to real calligraphy scratched-look. Furthermore, besides visual evaluation, fractal dimensions of scratched-look patterns in both the system and real calligraphy are evaluated and compared, these results reveal that fractal dimension is similar value.

Keywords : Fractals, Fuzzy Interpretation, Generation of Brush-style *kanji* Characters, Evaluation of Writing Speed and Pen Pressure.

Contact Address : **Tsuyoshi NAKAMURA**

Department of Intelligence and Computer Science, Nagoya Institute of Technology

Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya, 466 Japan

TEL : 052-732-2111(5819)

FAX : 052-735-5477

E-mail : tnaka@juno.ics.nitech.ac.jp