

草書体文書の生成と表示の実験

塩野 充・藤掛 直樹

岡山理科大学工学部情報工学科

(1995年9月30日 受理)

1. まえがき

現在、ワードプロセッサは広く一般家庭まで普及しており、またパーソナルコンピュータ上で動作するワープロソフトも数多くの種類がある。そして、その機能も多様多種となっている。例えば、毛筆体や勘亭流文字など、各種の特殊な文字フォントによる印刷や、それらの縦書き機能などである。しかし、草書体文書を作成する機能を持つものは少なく、また、草書体を自由に手書きできる人も少ない。草書は隸書のくずし体である章草から生まれたもので、変化が激しく同じ部首、同じ文字でもいく通りもの書き方があり、また簡略化された姿のため、よく似ていて間違えやすい文字もあり、全く同形の部首や文字もあるため厄介である。その意味においてもコンピュータによる草書体文字の表現は意義深い。そこで、本論文ではペン字体の草書体文書をディスプレイやプリンタ等に容易に出力する方法を提案し、実験を行った。草書体文書は文字の終わりが次の文字の始めへつながっている場合が多く、本研究ではそれをB-スプライン曲線を用いて表現している¹⁾⁻⁴⁾。

2. B-スプライン曲線

2.1 B-スプライン曲線の基本原理

B-スプライン曲線は柔軟性の高い曲線を生成できるとされており、ベツィエ曲線などの他の曲線に比して次の点で特徴がある。

- (1) 曲線の接続点で連続性が保証されている。
- (2) 曲線の形状制御を局所的に行うことができる。

(1)はB-スプライン公式に含まれるスプライン関数そのものが、制御点の位置ベクトル値のいかに関わらず接続点での曲線セグメントの連続性が常に保証されるように求められているからである。(2)の曲線の形状制御はベツィエ公式によるそれと似ているが、曲線の位置は隣接する少数の制御点のみ依存しているので、局所的にのみ影響を及ぼすのである。B-スプライン曲線は、ベツィエ曲線の有する優れた制御性とスプライン曲線の持つ連続性の2つの特性を合わせ持つ優れた曲線である。

B-スプライン曲線は、2次元平面上に与えられた点を位置ベクトル P_i としたとき、あらかじめ、重みを与える混合関数 $N_{i,k}(t)$ を用意しておき、次数に従って曲線を求める手

法である。但し、 t ($0 \leq t \leq 1$) は曲線上を進行するときの時間的場所を表し、0 のとき始点、1 のとき終点となる。 n は (与えられた制御点の数) - 1, k は次数である。

$$P(t) = \sum_{i=0}^n P_i N_{i,k}(t) \quad (1)$$

ここで、 $N_{i,k}(t)$ は、図1に示すように与えられ、次数 k は滑らかさを与えるパラメータで通常 $k = 3$, つまり3次B-スプライン曲線が利用される。また混合関数は次式のように再帰的に求まる。

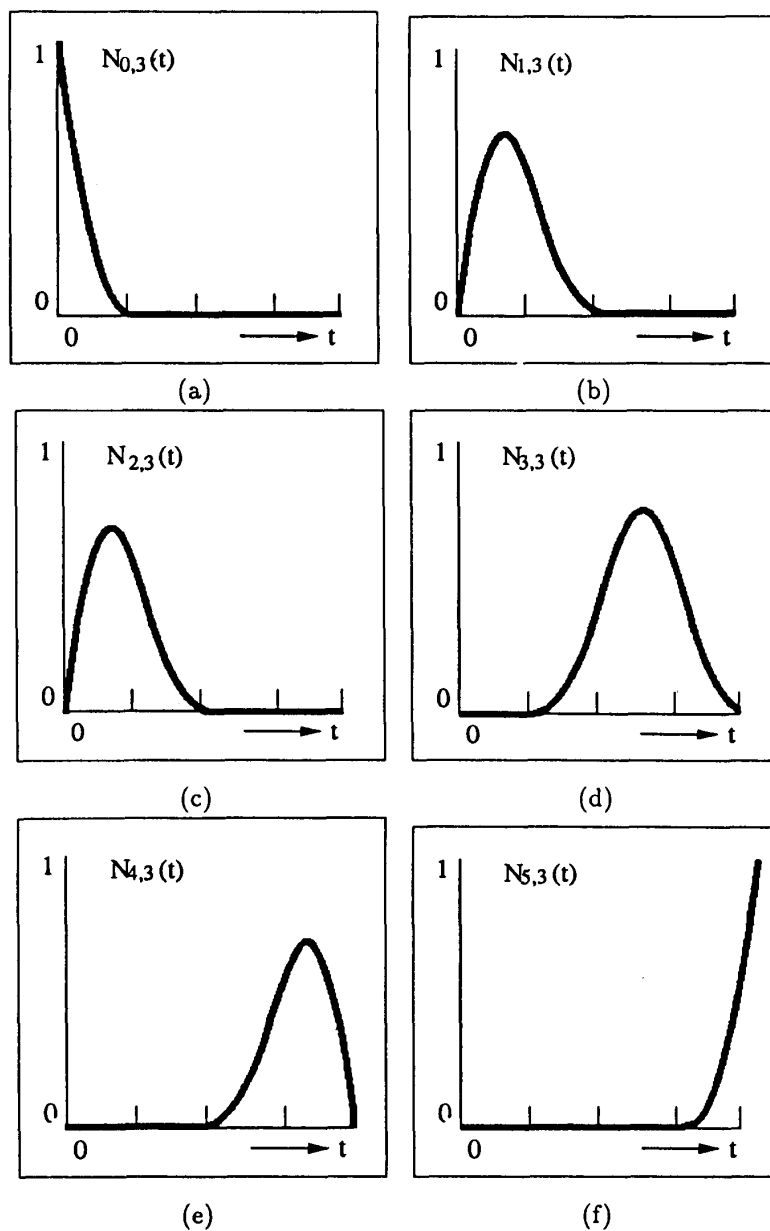


図1 スプライン混合関数

$$N_{i,1}(t) = \begin{cases} 1 & t_i \leq t \leq t_{i+1} \\ 0 & \text{その他の場合} \end{cases} \quad (2)$$

$$N_{i,k}(t) = \frac{(t-t_i)N_{i,k-1}(t)}{t_{i+k-1}-t_i} + \frac{(t_{i+k}-t)N_{i+1,k-1}(t)}{t_{i+k}-t_{i+1}} \quad (3)$$

これより、 $x(t)$ と $y(t)$ は次式のようなパラメトリックな曲線として与えられる。

$$x(t) = \sum_{i=0}^n x_i N_{i,k}(t) \quad y(t) = \sum_{i=0}^n y_i N_{i,k}(t) \quad (4)$$

図2に $n = 5$ の場合のB-スプライン曲線の生成例を示す。

2.2 B-スプライン曲線の計算方法

本研究では草書体文字の連結において、B-スプライン曲線を採用している。その理由は次の点からである。

- (1) 制御点の数が比較的少なくて済む。
- (2) 曲線の形状を局所的に変更することが容易にできる。

ここでは曲線をパラメータ表記法によって表す。2つの連続点 P, Q 間の曲線上の任意の点の座標を $x(t), y(t)$ とする。ここで、 t は曲線上を点 P から点 Q に移動するにつれ 0 から 1 に増加するパラメータで、時間とみなすこともできる。与えられた点が

$$P_0(x_0, y_0), P_1(x_1, y_1), \dots, P_n(x_n, y_n) \quad (5)$$

であるとき、2つの隣接点 P_i, P_{i+1} 間のB-スプライン曲線は、 t が 0 から 1 に増加するとして、次式を用いて $x(t), y(t)$ を求めることによって得られる。

$$\begin{aligned} x(t) &= \{(a_3 t + a_2) t + a_1\} t + a_0 \\ y(t) &= \{(b_3 t + b_2) t + b_1\} t - b_0 \end{aligned} \quad (6)$$

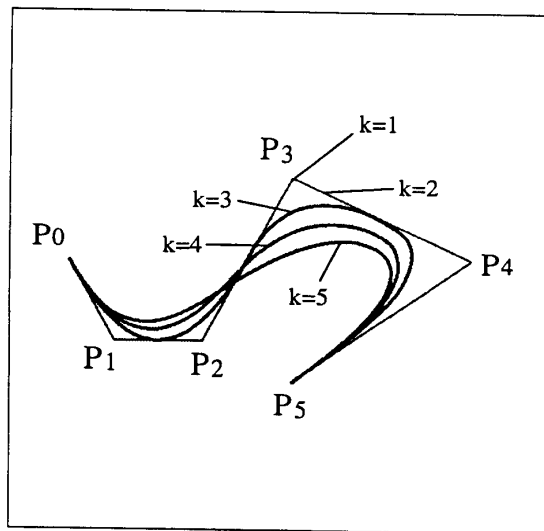


図2 B-スプライン曲線

この方程式における各係数は次式によって得られる。

$$\begin{aligned} a_3 &= (-x_{i-1} + 3x_i - 3x_{i+1} + x_{i+2})/6 \\ a_2 &= (x_{i-1} - 2x_i + x_{i+1})/2 \\ a_1 &= (-x_{i-1} + x_{i+1})/2 \\ a_0 &= (x_{i-1} + 4x_i + x_{i+1})/6 \end{aligned} \quad (7)$$

b_3, b_2, b_1, b_0 についても同様に $y_{i-1}, y_i, y_{i+1}, y_{i+2}$ より求められる。この計算方法により描いた曲線の例を図3, 図4に示す。

2つの曲線要素がつながる点において曲線の性質を明らかにするために、 $t=0$ および $t=1$ における関数 $x(t)$ およびその1次, 2次導関数について調べる。(y(t) についても全く同じ)

$$\begin{aligned} x(0) &= a_0 = (x_{i-1} + 4x_i + x_{i+1})/6 \\ x(1) &= a_3 + a_2 + a_1 + a_0 \end{aligned} \quad (8)$$

式(8)は、式(7)を用いることによって簡略化でき、

$$x(1) = (x_i + 4x_{i+1} + x_{i+2})/6 \quad (9)$$

が得られる。 $x(0)$ は P_i の x 座標 x_i とは異なり、点 P_{i-1} および P_{i+1} の影響を受けていることが分かる。図4において、点 B は曲線要素 AB の終点であると同時に BC の始点となる。前者の立場からは

$$\begin{aligned} A &= P_i, B = P_{i+1}, C = P_{i+2} \\ x_B^* &= x(1) = (x_A + 4x_B + x_C)/6 \end{aligned} \quad (10)$$

となる。ここで、 x_B^* は計算により得られる B 点を表す。一方、 BC から見ると

$$\begin{aligned} A &= P_{i-1}, B = P_i, C = P_{i+1} \\ x_B^* &= x(0) = (x_A + 4x_B + x_C)/6 \end{aligned} \quad (11)$$

が得られる。 $x(t)$ を2回微分することによって $x'(t), x''(t)$ が得られる。 $x(t)$ の場合と

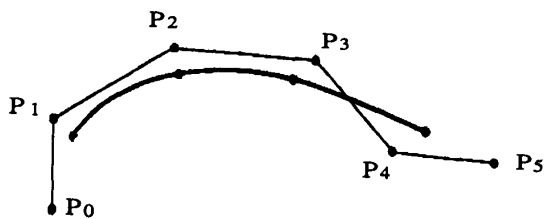


図3 B-スプライン曲線の例1

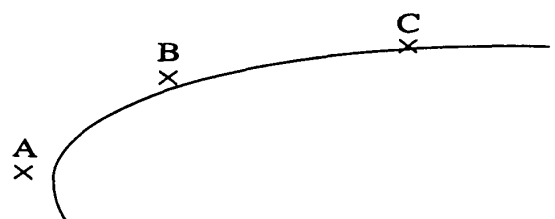


図4 B-スプライン曲線の例1

同様にこれらの関数に $t = 1$ および $t = 0$ を代入することによって、これらが点 B において連続であることが分かる。 $y(t)$ およびその1次、2次微分も同様に連続であり、これよりB-スプライン曲線が非常に滑らかであることが分かる。

この計算方法は非常に効率が良い、 $x(t)$ 、 $y(t)$ については何度も計算する必要があるが、係数 a_3 、 a_2 、 a_1 、 a_0 を各要素について一度計算するだけでよいという利点がある。しかし、図3を見ても分かるように曲線が始点と終点を通らないと言う欠点もある。その理由は、次の通りである。

P_i 、 P_{i+1} 間の曲線要素に対し、この方法では点 P_{i-1} および P_{i+1} が必要となる。このことは P_1 、 P_2 および P_{n-1} 、 P_n 間という最初と最後の曲線要素では例外となる。すなわち、曲線全体の最初と最後の点は P_0 、 P_n ではなく、 P_1 、 P_{n-1} となる。そのため曲線が始点と終点を通らなくなる。

3. 草書体文字の生成

本研究の実験は、次の2つの処理で構成されている。

(1) イメージスキャナによる草書体文字の取り込み

草書体文字を1文字ずつ、手本とした本⁵⁾⁶⁾からイメージスキャナにより、白黒256階調、1文字40×40画素で取り込み、フォント辞書を作成する。草書体文字の例を図5に示す。

(2) 草書体文書生成表示システム

草書体文書生成表示システムのジェネラルフローチャートを図6に示す。以下に各手順について述べる。

(a) 文字データの入力

キーボードより文字データを入力する。これは既存の日本語 FEP による文書の入力である。文書の入力は現段階ではメモリ等の関係で10文字単位で行う。つまり10文字以内の文書が入力されリターンキーが押されると、その草書体文書を表示し、その次の行へ移り再度10文字以内の文書を要求する。これを繰り返すことにより草書体の文書が作られる。また、次の場合にはエラーメッセージを表示し再度その行からの入力を要求する。

- 一度の文書の入力が10文字以上の場合
- 草書体文字の画像データのない文字が入力された場合

(b) 草書体文字の作成

入力された文字データをまず JIS コードに変換し、そのコードによってフォント辞書から草書体文字の画像データを読み取り表示する。パーソナルコンピュータに合わせて白黒256階調から白黒16階調に変換して表示する。

(c) 草書体文字の連結

草書体文字が2文字以上表示されると、最初の文字の書き終わりと、その次の文字の書き始めをB-スプライン曲線により連結する。連結の方法については後述する。

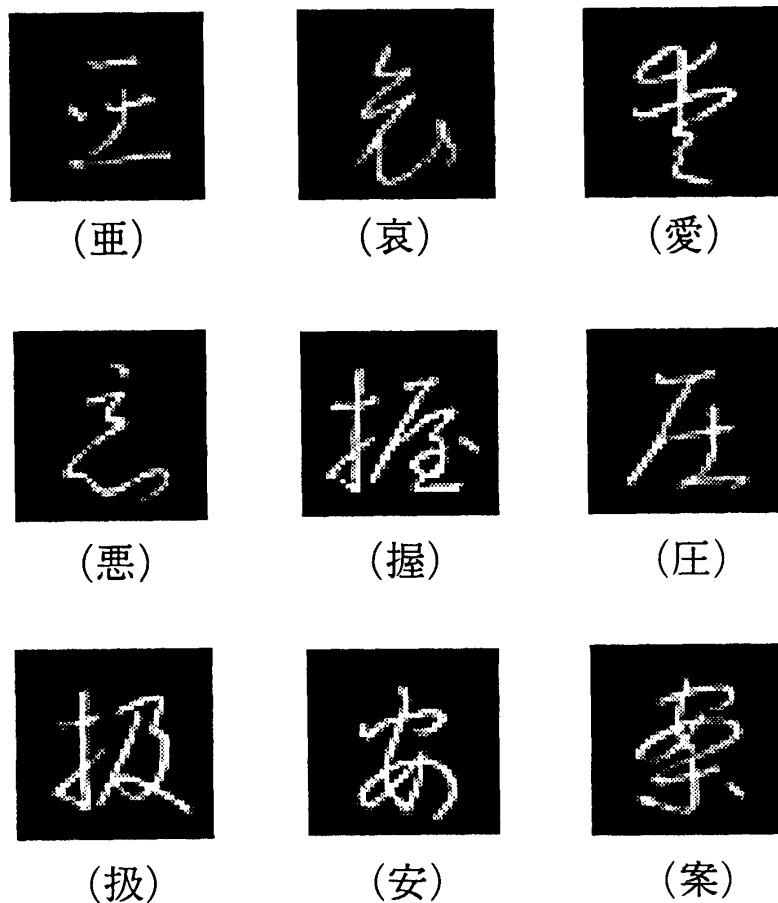


図5 草書体文字の例

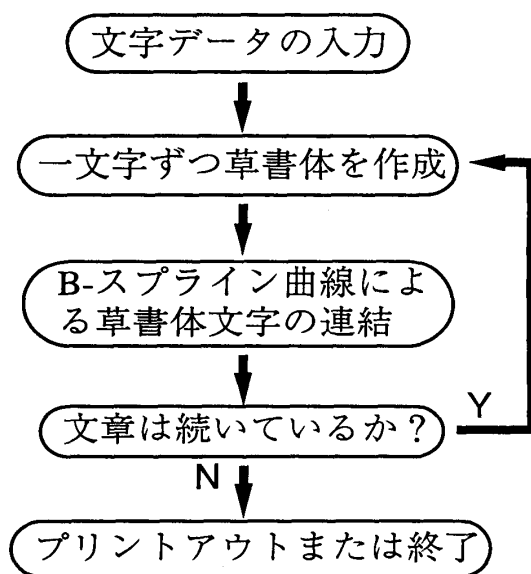


図6 本方式のジェネラルフローチャート

(d) プリントアウト

ディスプレイに表示した草書体文書をプリンタへ出力する。

4. 文字と文字の連結

複数の草書体文字をB-スプライン曲線により連結する処理は次の2つの処理で構成されている。文字を連結していく過程の例を図7に示す。

(1) 制御点の座標データの入力

B-スプライン曲線を描くための座標データをあらかじめ入力しておき、1つのファイルとして保存しておく（ファイル名はそれに対応する草書体文字のファイル名、つまりその文字のJISコードと同一のものにする）。

例えば図6において「き」(JISコード242D)の文字の座標データは次のようになる。

4		4	
15	7	20	33
14	9	20	33
16	11	20	33
16	11	21	34
16	11	22	35
(ファイル 242D, DT1)		(ファイル 242D, DT2)	

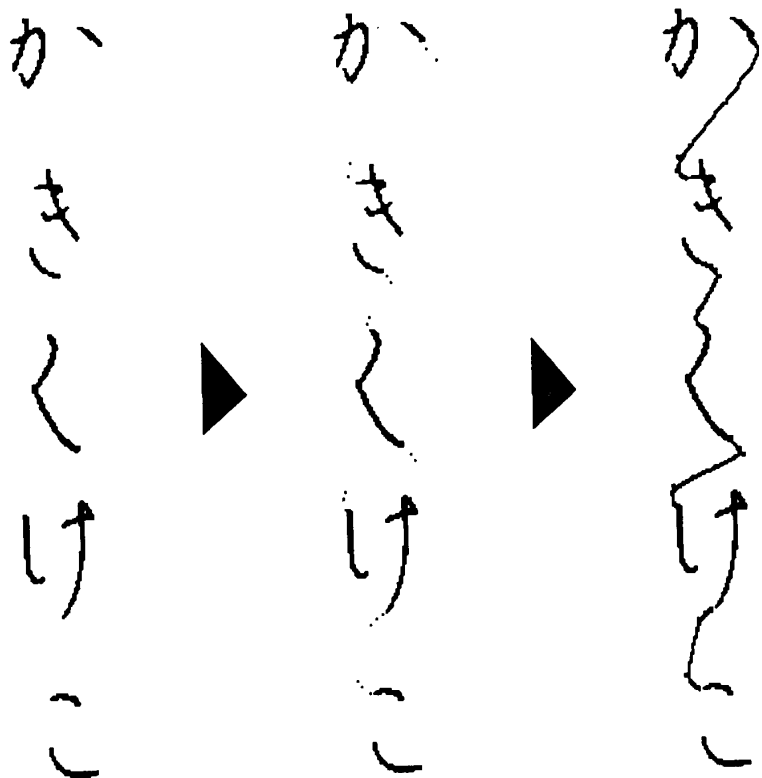


図7 B-スプライン曲線による連結過程

242D, DT1は「か」の書き終わりから続く座標データファイルであり、242D, DT2は「く」の書き始めに続く座標データファイルである。242D, DT1における最初の「4」は制御点の個数をあらわし最後の「16 11」は終点の座標(16, 11)を表している。その他の数字は、制御点の座標である。始点および終点の座標が3つずつあるのは、B-スプライン曲線は始点と終点を通らない曲線であるため、始点、終点を制御点の一つとみなし、曲線が始点から始まり終点で終わるようにするためである。

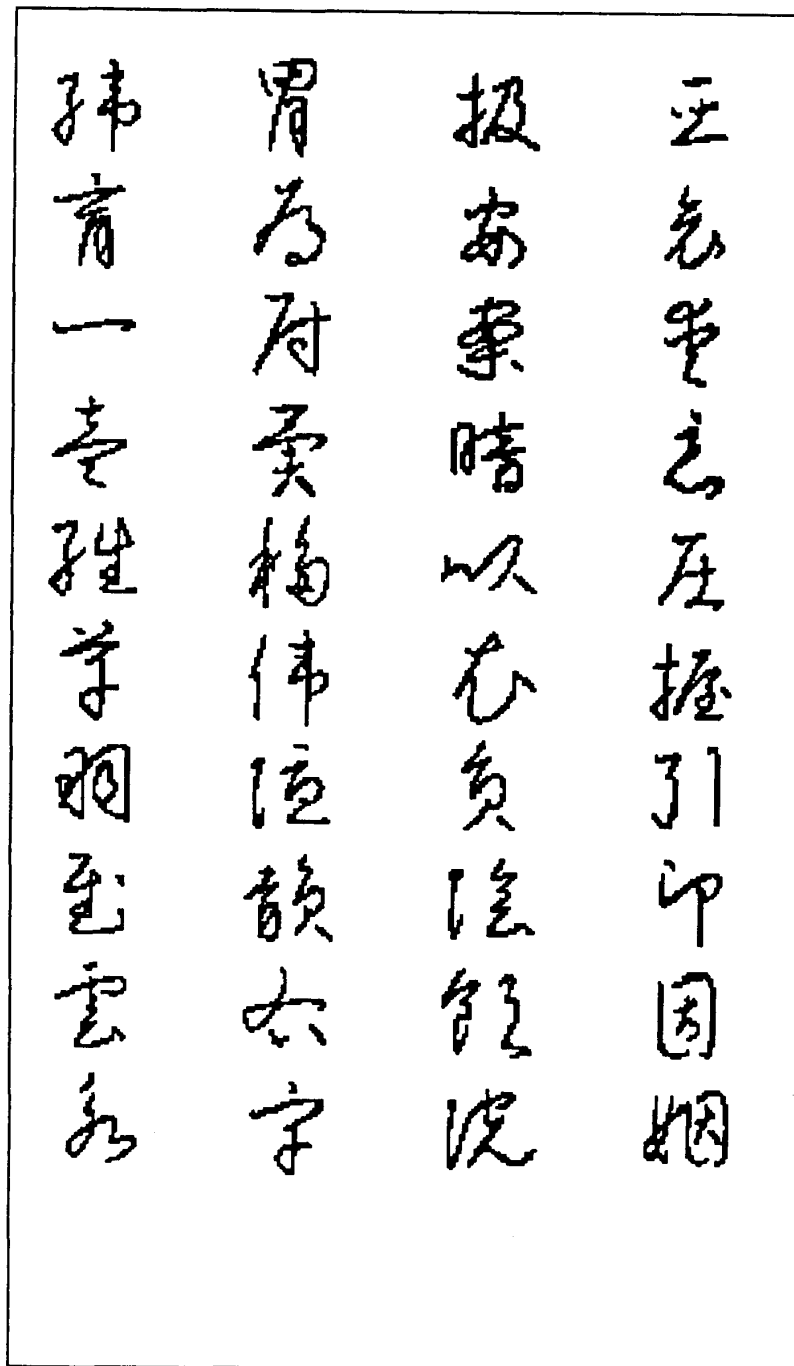


図8 草書体文書の例

(2) B-スプライン曲線の発生

全ての草書体文字の画像データが前述したような座標データを持っており、草書体文書生成プログラムにおいて、その画像データを読み取ると同時に制御点の座標データを読み取り、前の文字(コード,DT2)からその次の文字の(コード,DT1)までをB-スプライン曲線によって描く。その処理を繰り返すことにより文字の連結が行われる。全ての文字を連結するのではなく、次のような場合には文字の連結を行わない。

(1) 文字の書き終わりが点である場合

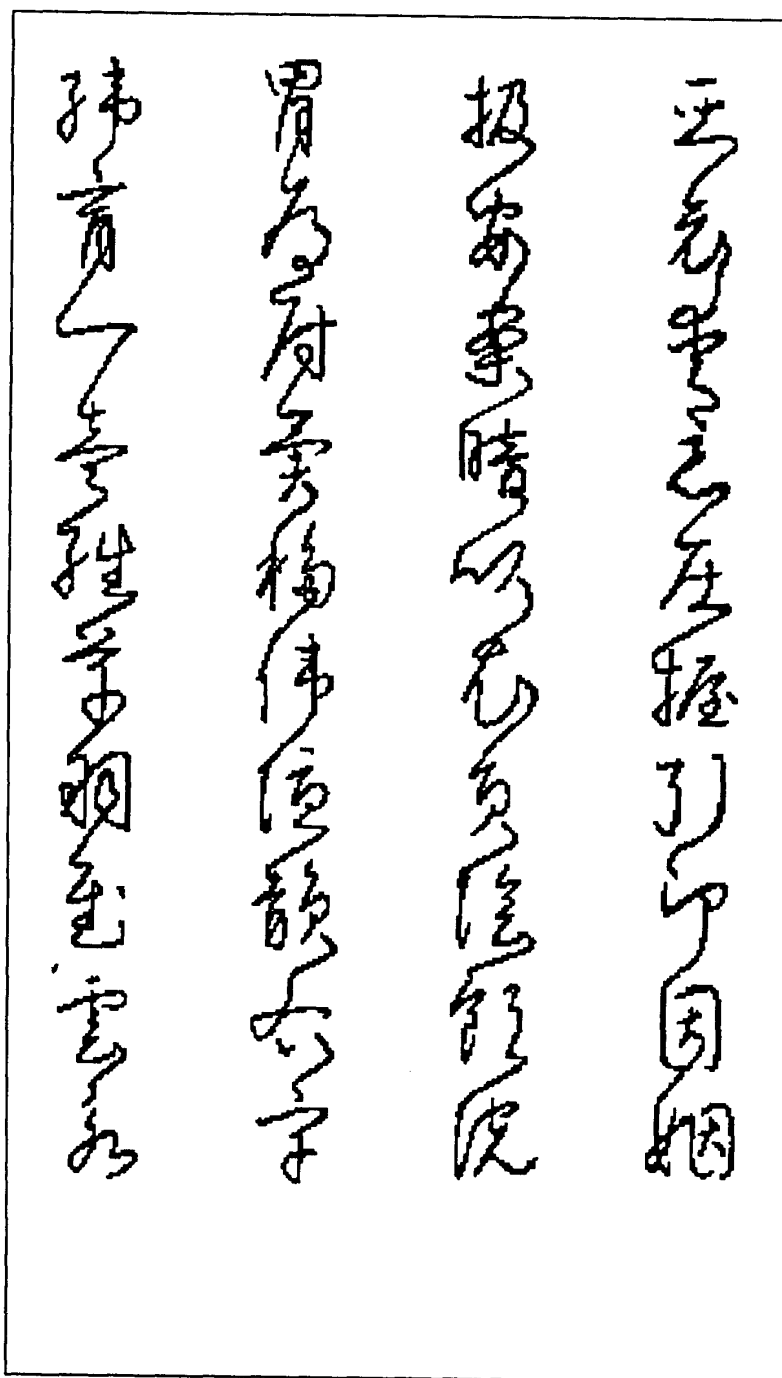


図9 連結結果

- (2) 文字の書き終わりが上を向いている場合
- (3) その他、次の文字への連結が困難な場合

5. 実験結果と考察

草書体文書の例を図8に示し、その文字間連結結果を図9に示す。表示は白黒2階調に変換して行っている。草書体文字は前述した3つの場合、文字間の連結を行わないが、それぞれについての例を図10に示す。なお、本実験で使用したシステムはパソコン PC-9821 Xn (CPU: Pentium, クロック: 90 MHz) である。

図9を見てもわかるように点で書き終わっている文字は、次の文字への連結を行わない。そのことにより、B-スプライン曲線による文字の連結の違和感の軽減をはかっている。しかし、手書きによる草書体では書く人によって文字をつなげたり、つなげなかったりする。よって、より実用性の高いプログラムを構築しようとするなら、上のような大まかな設定ではなく、より厳密な設定を行う必要があると思われる。



(a)書き終わりが点



(b)書き終わりが上向き



(c)その他連結困難

図10 連結を行わない文字の例

6. む す び

本研究では、草書体文書の生成、表示という目的は達成されたが、次のような課題と対策が考えられる。

- (1) 表示画面の保存（ファイル化）
- (2) 草書体は漢字のみが表示可能
- (3) B-スプライン曲線による文字の連結の違和感

(1)については、本研究は表示について重点を置いたので省略したが、今日のワープロソフトからみてもこの機能は必要不可欠である。草書体を表示する前に JIS コードに変換しているなのでそのコード名の並びを保存しておき、後でそのコードを1つずつ読み取って草書体を表示すれば可能である。

(2)については、ひらがなはもともと漢字を崩したものであるため省略した。しかし、ひらがなを表示させたい場合は、行書体として表示すればよい。行書体を表示させるためには、行書体の漢字の画像データを取り込み、草書体生成プログラムを用いてひらがなのみの連結を行えばよい。行書体の表示例を図11に示す。

(3)については、前章でも述べたが文字の連結を行うかどうかをある一定の法則に設定し、

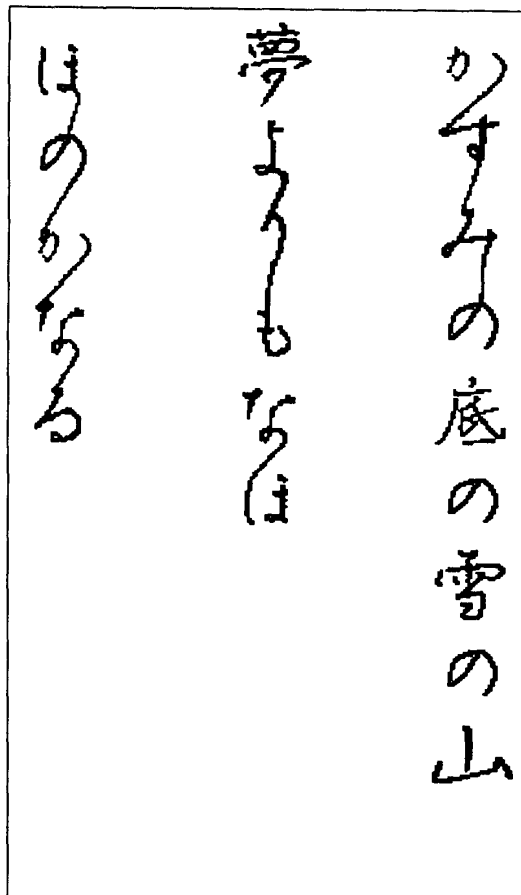


図11 行書体文書の例

違和感の軽減を行っているが、その設定をより細かくすることにより解消することができる。例えば、草書体文字を、「はね」で書き終わるグループ、「止め」で書き終わるグループ、「払い」で終わるグループ、等に分けてそれぞれに対応するB-スプライン曲線を用意する。また、始点、終点の位置によって制御点の位置を左右にずらす等が考えられる。これらのことが達成できれば、より実用に近いものになると思われる。最後に、本研究に関し、種々御協力頂いた本学助手島田恭宏博士並びに研究室の諸氏に感謝する。

参考文献

- 1) Leendert Ammeraal 著, 臼井支朗監訳, 池野英利訳: Cによるグラフィックス技法, オーム社 (1993).
- 2) 水上孝一: コンピュータグラフィックス—情報化社会と映像—, 朝倉書店 (1989).
- 3) 中前栄八郎: コンピュータグラフィックス, 電子情報通信学会編, オーム社 (1987).
- 4) 佐藤道男: 文字とコンピュータ, 森北出版 (1983).
- 5) 下村芳流: 三体字の書き方, 永岡書店 (1989).
- 6) 多田夏生: 基本かなの書き方, 永岡書店 (1992).

An Experiment on Generation and Display of a Handwritten Style Document Written in “Sousho-tai” Character Type

Mitsuru SHIONO and Naoki FUJIKAKE

Department of Information and Computer Engineering,

Faculty of Engineering,

Okayama University of Science,

Ridai-cho 1-1, Okayama 700, Japan

(Received September 30, 1995)

The technique of Japanese language document processing by a computer has made a great advance. Nowadays, many kinds of character types can be represented on a display or a laser printer by a computer. But no system can represent Japanese traditional character type called “Sousho-tai”, that can be seen in ancient Japanese document and is now still used by the expert writers of SHODOU. In this paper, a method of generation and display of “Sousho-tai” characters using a personal computer is proposed and its experimental result is shown. One of the features of “Sousho-tai” is that the end of a character is often connected to the beginning of next character, because a writer writes those characters without detaching the pen from the paper just like handwritten English characters. The proposed method can make a very natural “Sousho-tai” document using the technique of B-Spline curves.