

TR-82-018

中文字體自動產生之系統模型

A System Model for  
Chinese Character Fonts Generation

鄭國揚 K. Y. Cheng

陳克健 K. J. Chen

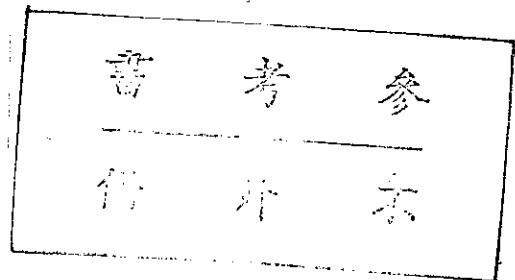
中華民國七十七年九月

中研院資訊所圖書室



3 0330 03 000030 6

0030



## 摘 要

本文提出一種產生高品質中文字體之電腦輔助設計系統模型，此項模型之軟體工具稱為 ACCFONT 系統，係用以解決中文電腦字體產生時之特殊問題，即一個筆劃會隨著擺在不同的字裏而有不同的形狀。在此模型裏，設計人使用一種用數據描述的命令語言，經由 ACCFONT 系統却可產生非數值決策，以適當地改變筆劃形狀。本文說明 ACCFONT 系統模型建造的過程，並以例子說明其重要之特徵。

### ABSTRACT

A system model for the generation of high quality Chinese characters is presented. A software tool called ACCFONT system has been implemented to solve a particular inheritant problem in designing the Chinese character fonts, that is the shape of a stroke varies from character to character. In the model, the designer constructs Chinese character fonts by a numerical data oriented command language, the ACCFONT system produces nonnumerical decision to modify shape of strokes properly. In this paper, we show how ACCFONT system was modeled. Also, some examples are shown to illustrate its important features.

## 緒 論

中文字體的種類繁多，有老宋體、仿宋體、明體、楷書體、斜體、草書體，……等，書法象徵著文字形義美的昇華，這些書法已構成中國文化的一種藝術表徵。而欲將中文書法電腦化，其本身即是件不簡單的工作，因為牽涉到用電腦表現藝術美的問題，必須在美與真之間構築一座橋樑，使形義美的特徵能規則化，如此電腦才能有條不紊地根據各項不同的規則做各種不同的處理。從應用的觀點言，更具體的說法可敘述如下：

以中文電腦排版為例說明，中文字體的輸出需不拘大小皆能自動產生，字形需符合某一字體（例如宋體）美觀性的要求，若以目前用點矩陣儲存在電腦裏的方式，是不足以滿足排版的要求。因為字體若是為以向量點表示的數學式，則其大小可以經由放大或縮小矩陣相乘獲得，但點矩陣缺乏此項數學的表示性，故正確的做法似乎應該是採用足以產生美觀字形的數學式來表示每個中文字。但是用數學式表示每個中文字是否可行？是否可產生各種輸出的要求？是否能產生美觀的字形？這些都是值得去探討的問題。

人類與生俱來就具有辨認圖形的抽象能力，這種能力表現在文字的發明，就產生了文明。我們可以說所有的文字都是由基本圖形依照各別的結構關係組成，中文亦自不例外，只是中文字是由一些基本筆劃組成字根及字，並將這些筆劃以很有技巧性的方法放置在一個方格裏，而組成所謂的方塊字。所以要了解方塊字，必先了解其圖形結構，亦即，需了解筆劃組字的語法 (Syntax)。通常，語法是以樹狀的結構表示，語法樹的端點樹葉就是基本的筆劃，樹頭 (nodes) 則表示組合的關係，我們可以說語法樹構成每個中文字的骨架。問題是這樣的骨架並沒有考慮到文字的美觀性，所以在語法樹的解析 (parsing) 時，必需提供足夠供語義動作 (semantic actions) 的資料，才能產生美觀的字形。所以另一項需要探討的問題是那些資料足以產生美觀字形的語義動作，換言之，我們想了解中文字用圖形表現的美觀性在那裏？這種美觀性和數學的關係為何？

中文字輸出有多方面的需求，必須由一套電腦協助設計之軟體程式來提供，這些需求大致可分為(1)字體的類別：宋體？仿宋體？明體？…等(2)字體的屬性：字體的大小、字與字的間隔、字

的品質，…等(3)字體的外表：黑體字？浮體字？斜體字？點矩陣？…等(4)字體的輸入及輸出狀況：經由數位儀？鍵盤？光筆？繪圖儀？圖形終端機？印表機？光讀影像機？顯像終端機？…等。

從電腦圖形學的觀點言，中文字本身是一種圖形符號(symbol)，這種圖形符號是由圖形數據及非圖形數據所構成，圖形數據為筆劃的數據點，非圖形數據為語法樹分析後之數據值。當輸出時，圖形符號被附加上述各項需求的參數，乃構成圖形符號實體(Symbol Instance)，成為顯像的單元，可見中文輸出可用電腦圖形的技巧處理。問題是中文字和一般圖形所定義的圖形符號有別，它的形狀和語法解析的語義有甚大的關連，具有這種特性的圖形符號應怎樣設計？

在電腦輸出圖形符號或文字時，通常是以直線向量點或(0,1)點矩陣表示，前者是用劃線的方式表示，後者是用矩陣元素1表示塗黑而0表示空白的方式表示。不管是用劃線的點向量表示或點矩陣表示，大致上有三種方式來表達圖形的輸出，它們是(1)人工：設計點矩陣將每個字編碼，或者用棋盤佈黑子（等於1）和白子（等於0）表示點矩陣，將編碼值再輸入電腦就成為該字的輸出形狀。雖然這種方式是可行的，但事實上，目前中文電腦的輸出皆採用人工的方法，需花費非常巨大的功夫於這種方式的編碼工作上。而且一旦採用不同的字體或不同解析度的輸出儀器（需不同尺寸的點矩陣）時，這種編碼工作必須再重新做過。(2)光描法：採用特殊的光描儀掃描讀入0和1的值（利用不同的Grey Level），再顯像輸出，讓使用人根據輸出的形狀稍為修整，即可得到滿意的輸出字形。這種處理方式比人工法快速且簡便，但是仍然需要大量的編輯修整的工作，特別是對於複雜的中文字（筆劃多者），光描時會產生許多偏差點，而使修整的工作相當費時。(3)圖形法：將每個中文字看成是一張平面圖，此時，中文的輸出就變成了電腦圖形的問題。D. Knuth [1,2] 曾經提出用圖形法產生美觀的英文字，這種圖形法簡稱為METAFONT，他所提的主要觀念是採用三次軟楔曲線(Cubic Spline Curve)以表示英文字母的形狀，三次軟楔曲線的公式如下

$$z(t) = z_0 + (3t^2 - 2t^3)(z_1 - z_0) + rt(1-t)^2\delta_0 - st^2(1-t)\delta_1, \quad 0 \leq t \leq 1$$

其中

$$\delta_0 = e^{i\theta}(z_1 - z_0)$$

$$\delta_1 = e^{-i\phi}(z_1 - z_0)$$

$z_0$  和  $z_1$  分別是三次曲線段的起點和終點， $\theta$  和  $\phi$  分別是其上斜率和首尾點連線的夾角，而  $r$  和  $s$  的值分別是

$$r = \left| \frac{2\sin\theta}{(1 + |\cos\psi|)\sin\psi} \right|, \quad s = \left| \frac{2\sin\phi}{(1 + |\cos\psi|)\sin\psi} \right|,$$

$$\psi = \frac{\theta + \phi}{2}$$

所以，不管多複雜的一條曲線  $p(u)$  皆可表示為

$$p(u) = \{z^i(t)\}, \quad i = 1, \dots, k$$

其中  $t = FR(ku) = ku$  的分數部份  
 $i = INT(ku) = ku$  的整數部份  
 $k =$  總共的三次軟楔曲線段  
 $u \in [0, 1]$  ,

則  $p(u)$  是一條二次連續的平滑曲線。因此，一個字母只要知道其外圍線條通過那些點及其上的斜率（用  $\theta$  和  $\phi$  表示），則其形狀可根據上述的公式計算得到。問題是中文字形比英文字母的複雜度更高，採用 METAFONT 的方法是否可行？

處理中文字體首先碰到的問題是其數量龐大，據估計中文字大約有五萬至六萬字之譜，日常一般用字大約有六千至八千之譜，所以電腦輔助設計系統的首要功能在於它是否能大幅減少設計文字形的工作量。其次是，中文字形有的甚為複雜，最複雜的中文字有到三十個以上的筆劃。中文字本身乃是在方塊裏的平面圖形且有其內部的結構，否則人們將無法學習並獲悉其形義，這也許是中文源遠流傳了二千多年之緣故吧！事實上，中文字的內部結構是十分複雜，一個字通常可分成數個稱為字根的部份，每個如象形樣子的字根又可細分成一些基本的筆劃，通常這些筆劃的形狀並不多，但是出現在不同的字裏，同一筆劃可能會產生多種變形，換言之，筆劃的形狀和文字結構的骨架有着密切不可分的關係。二千年來，中國誕生了不少有名的書法家，創造了許多不同風格和形態的書法，並綜合了各種書法的規則去教導人們寫中文字。因這些規則帶著藝術的成份和高度抽象的意境，故想從書法規則中歸納成具有數量表示的規則是件極困難的事。所以，我



們所面臨的電腦字體設計亦是件極為困難的事情，並且在考慮針對處理這種問題之時，尚須採用能夠略具處理字形藝術化能力的方法，問題是我們能夠想出這樣的方法嗎？

LCCD. (A Language for Chinese Character Design) 為一種互作產生字體的編譯器，係由 T. Y. Mei [3] 根據 METAFONT 的方法建造基本的圖形，然後採用由下往上的方式，用基本的圖形建造筆劃，再由筆劃建造字根，字根組字循序漸進。其優點是建造出來的中文字是用三次軟楔曲線群表示，因此在做字體的放大縮小、旋轉、鏡射，...等幾何變換非常簡便，同時，做字形的編輯修整亦稱簡便。其缺點是(1)使用者需具備有書法的素養，才能造出美觀的中文字，特別是他需知道那些基本形狀所構成的筆劃在組字時會產生美觀的字形，因此 LCCD 法不是一般人皆能使用。(2)LCCD 的程式不容易學，因為尚需懂得 METAFONT 的一些數學及其特性，特別是需要求具有書法藝術眼力的人去學其用法，似乎人才難遇。(3)LCCD 的程式屬於低階的，因為從基本形狀來建造起，使造一個字的程式相當長，而相當費時。(4)LCCD 法對於不同的字體必須重造一次，因為它只有副程式的呼叫 (subroutine calls)，沒有描述組字關係的語法。(5)LCCD 法要產生大小不一樣之特定的字體（如宋體）尚有困難，因為筆劃隨組字的骨架結構變化，而變化的因素並沒有考慮進去。(6)LCCD 法要和一般電腦圖形軟體組件配合而構成諸如中文排版系統，尚有困難。綜上所述可窺知，LCCD 法離中文字體輔助設計系統的要求尚有一段差距。

本文將介紹一種新的方法，它是由中央研究院資訊科學研究所發展成功的，稱為 ACCFONT 系統 (An Automatic Chinese Character Font Generating System)；這種方法的主要觀念是：(1)筆劃的產生採用電腦動畫的觀念 [4]，變形的筆劃可經由動畫的演算法隨時產生，筆劃係採用三次 B 軟楔曲線。而動畫的演算法，則是根據 B 軟楔曲線的特性及變形的需求，所發展而成的。(2)筆劃組字根係根據描述筆劃間幾何結構關係的語法樹循序建造。(3)字根組字亦是根據算子 (operator) 作用的語法循序建造，同時在語法解析的語義動作上也考慮了筆劃變形時指示參數的建造。ACCFONT 系統之基本設計精神是，只需建造最少數的筆劃，讓系統自動產生美觀的中文字，並且易於和標準的電腦圖形相互連接。本文將說明 ACCFONT 的系統模型及做各項步驟的示範，並以實例顯示經 ACCFONT 建造的字體結果，藉著對此項問題的深入研究，使我們相信 ACCFONT 法似乎比較容易滿足中文輸出的各項要求。

當我們考慮一種計算機輔助中文字形設計系統的模型時，我們需要釐訂系統各部門的功能以及它們彼此間的關係，才能瞭解並評估此系統模型的效能。譬如，用棋盤編排中文字形的點矩陣後再將字形碼輸入計算機，也是計算機輔助中文字形設計系統的一種模型，只不過字樣是由人工決定。計算機在這種模型裏的任務是將字形碼的數據登錄，或許還做一些簡單的計算，而大部份比較艱辛的工作是由人工去完成，計算機的處理工作事實上僅是被動的，所以這種模型是屬於低階的，因為其用途不大，需用很多人力去產生單一字體。其他用光點掃描美工字輸入計算機處理的輔助設計系統，亦是屬於低階的，因為美工字亦是由人工書寫。雖然這種設計系統速度快和品質高，但是在系統模型的等級上仍然是低階的，因為它和排棋盤的情形是一樣，只是現在的棋盤是高精密度的光點，排棋盤的動作是書寫字形而已。

更高階的輔助設計系統模型，應該是讓計算機具備有某種程度的人工智慧，使得在中文字形的設計過程裏，計算機在處理時具有自動變換筆劃形狀的能力，以滿足字形美觀性的基本要求。在這種模型裏，由於我們賜予機器具有自動調整形狀之功能，而使字形具有美觀性，所以我們說機器具有了人工智慧，它可以幫助人免除了用語言去描述中國書法形義美的工作。事實上，若有一種可描述書法形義美的語言，其設計亦非常困難。因為，雖然每類書法有其特殊風格，例如宋體其豎劃較粗，橫劃較細，但粗細程度要如何用語言來描述？而且每個字內因筆劃多寡亦會使筆劃的粗細程度相對地調整而不同，無法僅是單一固定的粗細。故，實難以語言來描述一個字的書法形態，縱然予以描述，也是屬於朦朧 (Fuzzy) 的語句，欲使計算機能夠瞭解亦非易事。

用筆劃組字根，再由字根組字的方法，曾經為很多系統所採用，然而却都有一項嚴重的缺失，就是用這種方法產生的字形不美觀。其理由是：在不同的字裏，同一字根的筆劃形狀可能需不一樣，才能保持各個字形的美觀，例如字根分別在二個字"仁"和"側"的形狀是有點變化的，"側"字的字旁，其第一個筆劃是比較陡也比較細的。這是中國書法的特性，也是一般中文計算機很難做到的一項要求。我們所提的 ACCFONT 系統，乃是針對此項缺點，發展一套動畫處理的方法，讓計算機具有自動變化

筆劃形狀的能力，以解決此項問題。

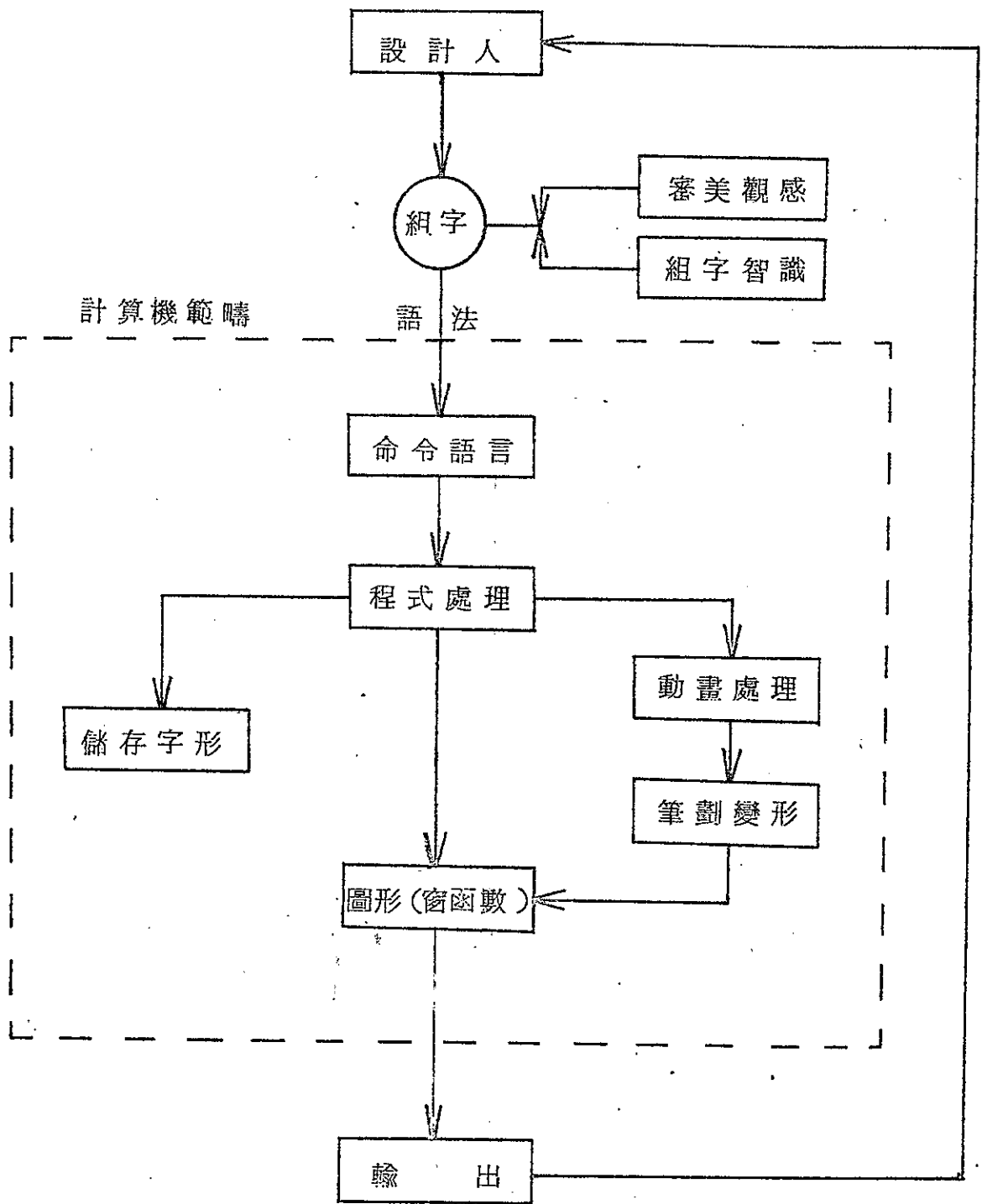
圖一所示為 ACCFONT 的系統模型。設計人根據他的書法審美觀感及組字的智識，做出筆劃組字根或字根組字的語法 (Syntax)，以構成輸入計算機的字串或命令語言，此時開始進入計算機處理的範疇。語法經過程式處理後產生了語義的動作 (Semantic Actions)，或者是做動畫的處理以變化筆畫的形式，或者產生圖形的窗函數來自動決定各個筆劃的位置，再將字形輸出顯示於螢幕上，供設計人觀看修改，若不滿意字形則修改組字的語法，如此反覆直到滿意後，再予儲存。

### ACCFONT 組字語法

中文字形的組合文法是取筆劃和字根為其本原 (primitives)，組合的相對位置是用一些算子 (operators) 表示，ACCFONT 組字語法的 BNF (Backus Normal Form) 如下所示

```
<Character> ::= <Radical> | <OP><Character>
<Radical> ::= <Tree> | <Tree><Dash>
<Tree> ::= <Root> | <Root><Subtree>
<Subtree> ::= <Tree> | <Subtree><Tree>
<Root> ::= <Stroke> | <OP>
<Stroke> ::= <Stroke-id> | <Dir><Stroke-id> | <Top><Orientation>
               <Stroke-id>
<Stroke-id> ::= <id> | #<digit><id>
<id> ::= AB | BA | ..... | GD
<Dir> ::= <B-Dir> | <Dir><B-Dir>
<Top> ::= <Pos>, <Pos>
<Orientation> ::= <Mirror> | <Mirror><Dir>
<Pos> ::= <Place> | <Pos><Place>
<Place> ::= H | M | T
<Mirror> ::= R
<B-Dir> ::= E | W | S | N
<OP> ::= <Pattern><Value>
<Pattern> ::= OP1 | OP2 | ..... | OP6
<Value> ::= ε | <Num>
<Num> ::= <Digit> | <Digit>, <Num> | <Digit>, <Num>
<Digit> ::= 0 | 1 | ... | 9
```





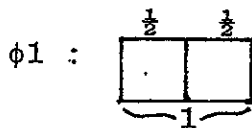
圖一 ACCFONT 系統模型

<Dash> ::= <Add> | <Add><Dash>

<Add> ::= <Stroke-id><Top><Stroke-id>

組字的算子基本上有六個： $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_6$ ，而從他們延伸的變形算子却可無窮多，效舉例如下

### 1 左右排列



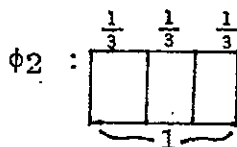
例如：

明 =  $\phi_1(\text{日})(\text{月}) = \phi_1(0419)(0421)$

其中 0421 表示四筆劃之第 21 個字根。

變形：鄭 =  $\phi_1 [7, 3] (\text{奠})(\text{阝})$

### 2 左中右排列

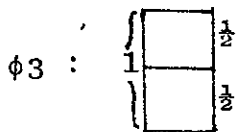


例如：

側 =  $\phi_2(\text{亻})(\text{貝})(\text{卩})$

變形：行 =  $\phi_2 [4, 5] (\text{彳})(\epsilon)(\text{亍})$ ， $\epsilon$  表示空白。

### 3 上下排列

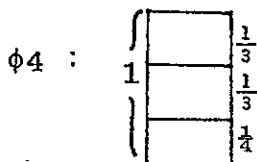


例如：

要 =  $\phi_3(\text{酉})(\text{女})$

變形：杰 =  $\phi_3 [7, 3] (\text{木})(\text{灬})$

### 4 上中下排列

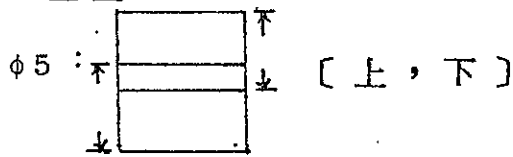


例如：

意 =  $\phi_4(\text{立})(\text{日})(\text{心})$

變形：韋 =  $\phi_4 [3, 3, 4] (\text{土})(\text{口})(\text{卩})$

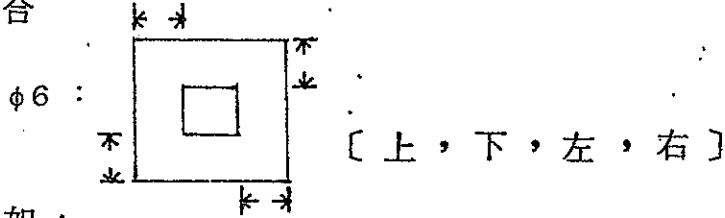
5. 上下重疊



例如：

禿 = φ5[6, 6](禾)(几)

6. 包含



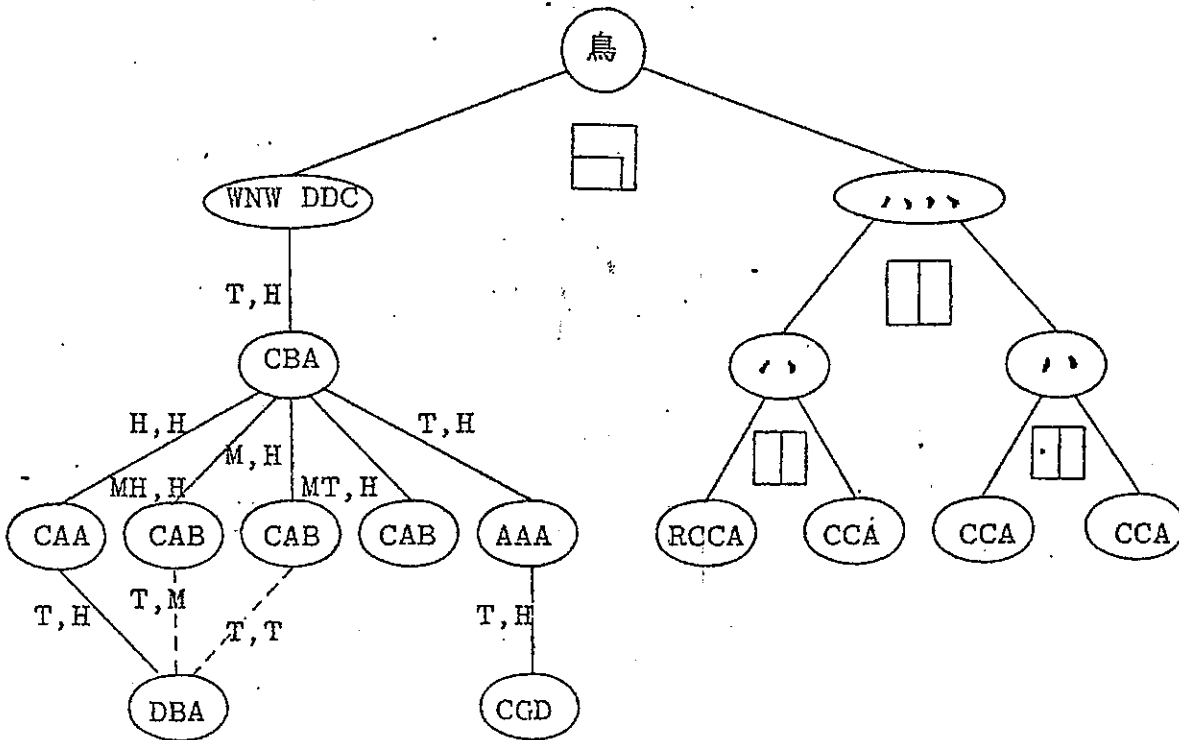
例如：

間 = φ6[5, 1, 3, 3](門)(日)

筆劃組字根的組法是採用樹狀的結構，例如“鳥”字，

鳥 = φ6[6, 0, 0, 2] (WNW DDC (T, H CAA (T, H DBA)) (MH, H CAB) (M, H CAB) (MT, H CAB) (T, H AAA(T, H CGD)) (∅1 (∅1 (RCCA) (CCA)) (∅1 (CCA) (CCA)))).

圖二示出其樹狀結構。



圖二 字根“鳥”的樹狀結構

中文美工字的每個筆劃是封閉的線段，用軟楔函數(Spline Function)表示最為適當，因為在數學上軟楔函數決定一條平滑的曲線，在視覺上最能表達字形美觀的要求。ACCFONT 系統根據這項優點，採用了均勻 B 軟楔函數(Uniform B-Spline Function) [5] 來表示其筆劃的形狀。三次均勻 B 軟楔曲線的公式如下

$$B(u)=\{z^k(t)\} = [t^3 \ t^2 \ t \ 1] \frac{1}{6} \begin{pmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 0 & 3 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_i \\ v_{i+1} \\ v_{i+2} \\ v_{i+3} \end{pmatrix} \quad i=1,2,\dots,n$$

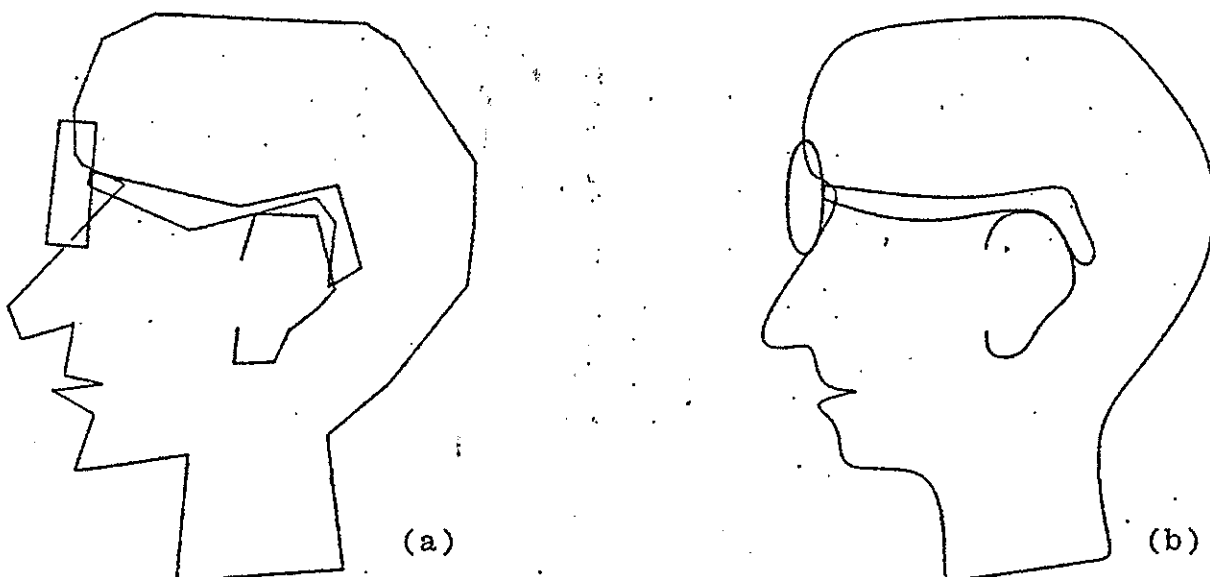
其中  $t = FR(ku) = ku$  的分數部份

$i = INT(ku) = ku$  的整數部份

$k =$  總共的三次軟楔曲線段  $= n - 3$

$u \in [0, 1]$

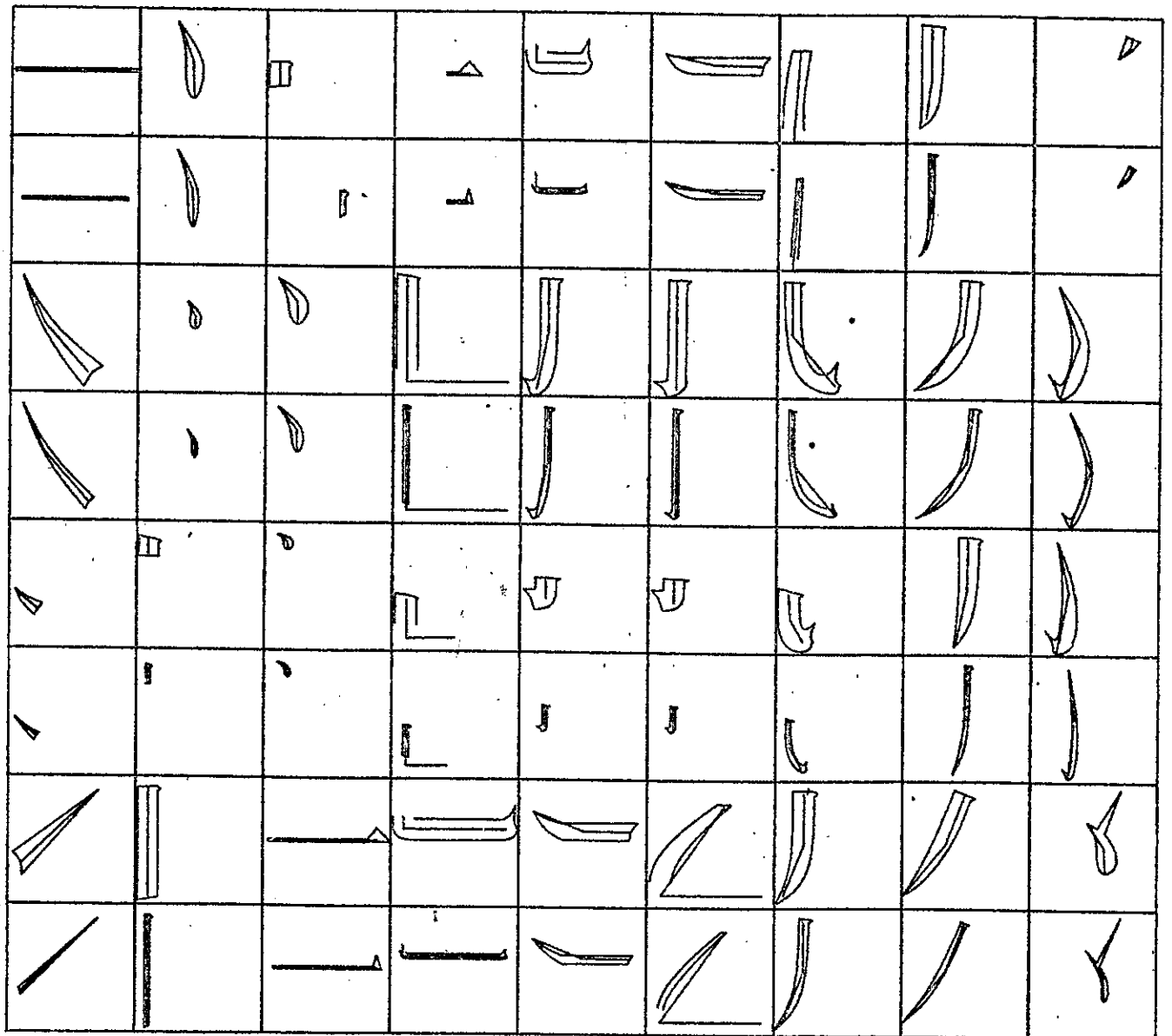
$\{v_i\}$ ,  $i=1,2,\dots,n$  是決定一條 B 軟楔曲線的控制點群，它們連線的多邊形構成了 B 軟楔曲線的素描，例如圖三(a) 所示為一個頭像素描的控制多邊形，(b) 圖為 (a) 圖上之控制點代入均勻三次 B 軟楔曲線公式計算後所形成之圖樣。



圖三 (a) 素描控制多邊形 (b) 均勻三次 B 軟楔曲線

當想要一條均勻的 B 軟楔曲線形狀時，譬如某一筆劃的形狀，我們可用一些由 B 軟楔函數的特性所衍生的規則，來產生控制點群  $\{v_i\}$ ,  $i=1,2,\dots,n$  再代入公式計算後，將曲線顯示在螢光幕上，如果對曲線不滿意，尚可經由規則對控制點的位置作局部修改，一直到獲得滿意的曲線為止。有關這些規則及 B 軟楔函數的特性，請參閱 [4,6]。

圖四所示為用 B 軟楔函數表示的 ACCFONT 筆劃群，我們注意到這些筆劃的形狀和中文書法的筆劃並不盡相同，這是因為要配合動畫處理筆劃變形時，對某些較複雜的書法筆劃，必須要拆成幾部份分別處理，才能有效地用數學方法處理筆劃的變形。



圖四 ACCFONT 筆劃表

我們假設某些字體，例如宋體與明體，它們字形的幾何結構是不變的，所以只需用 ACCFONT 組字語法描述一遍字形的幾何結構，就可以將字的骨骼建造起來，二種字體的不同處僅是生長在骨骼上的筆劃形狀（如同肌肉）不一樣而已。所以，我們若要建造另一種具有相同骨骼的字體，則我們僅需建造不同的筆劃群即可，因此用語法描述的方法可以使建造多字體 (Multifont) 的工作減少至最少的程度。

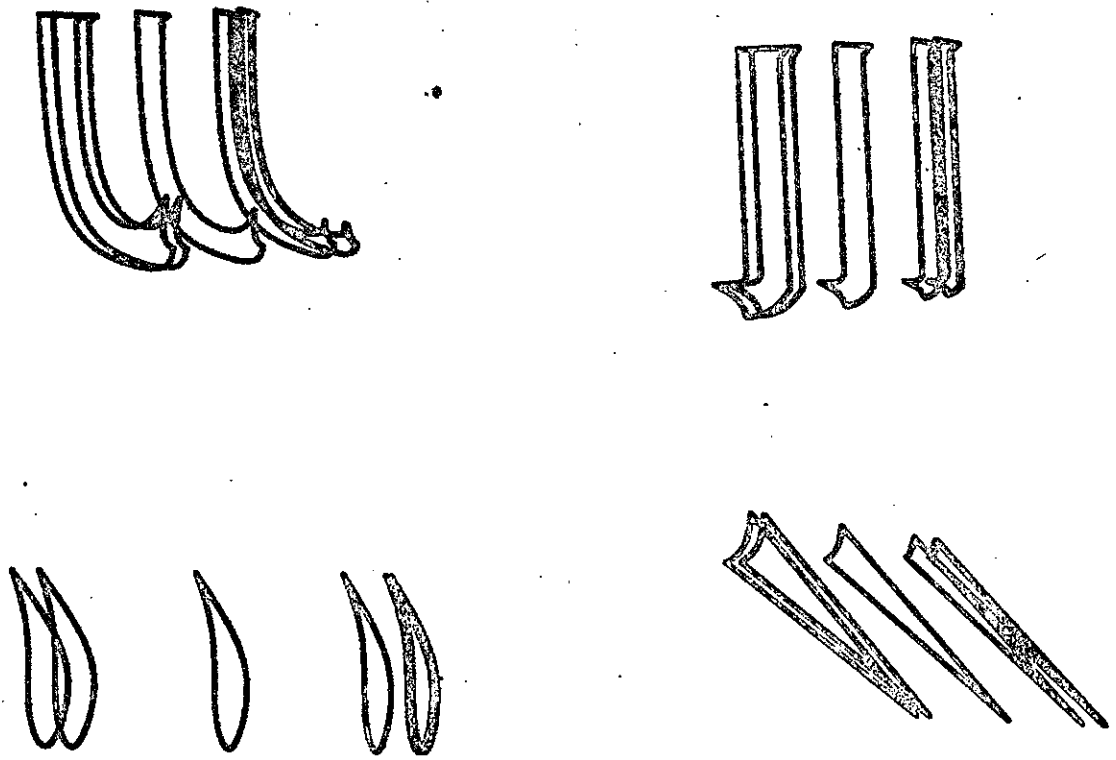
讓我們再回味一下 ACCFONT 系統模型，現在有了 B 軟楔函數表示的筆劃群，以及可讓計算機接受的語法，設計人就可根據其字形觀感及組字智識，寫出符合語法的字串 (Character Strings)，字串裏的 <id> 就是筆劃群。此字串為計算機所接受再經語義動作的處理後，字形將顯示在螢光幕上，如果設計人認為不滿意，他可再修改字串而得到新的字形，如此反覆進行人機交互的動作，直到獲得滿意的字形為止。所以，人在這個系統模型裏，如同一樂團的指揮家，揮動指揮棒，則各個演奏者就依其指示而動作並互相配合以滿足指揮的要求，獲得一合諧的音樂一樣。人根據組字語法下達命令給計算機，使計算機依照其命令而動作，並同時具有智慧能自動潤飾調整筆劃形狀，使各筆劃間協調組合以產生符合美觀的變化。

### 筆劃變形之動畫法

ACCFONT 系統的最大特色，是考慮了筆劃變化之動畫處理，才使得建造出來的中文字形符合美觀要求。動畫法在整個系統裏擔當了在某種程度上藝術書法家的本能，它是使字形設計系統能夠有效運作的靈魂，也是 ACCFONT 系統具有創見的主要關鍵點。中央研究院資訊科學研究所曾經成功地發展出創見性的電腦動畫演算法 [7]，並且實際應用在電腦卡通設計系統上 [8]，我們亦是採用了同樣的觀念，配合中文字形變化的特性，推導出 ACCFONT 筆劃變化的動畫法。

字形動畫演算法的最基本觀念是在二個筆劃形狀 A, B 間，如何找到從 A 筆劃變化到 B 筆劃過程中的每次筆劃，使得這種變化過程是符合平滑漸進的原則。當然，平滑漸進的原則是很模糊的定義語句，計算機是不會瞭解的，因此，這種原則必須能以數學式表示，使計算機能從計算中瞭解其意義。ACCFONT 系統所採用的

原理即是根據字形動畫演算法的平滑漸進原則，給予數學定義使計算機瞭解，亦即，以在平滑漸進過程中的任何二相鄰的相似筆劃，去推導出可計算的相似性公式，而此相似性計算式又可根據B軟楔函數的特性推導得出相似性的公式，有關這方面的原理請閱參考資料[4]。圖五示出四個不同筆劃變形的過程。

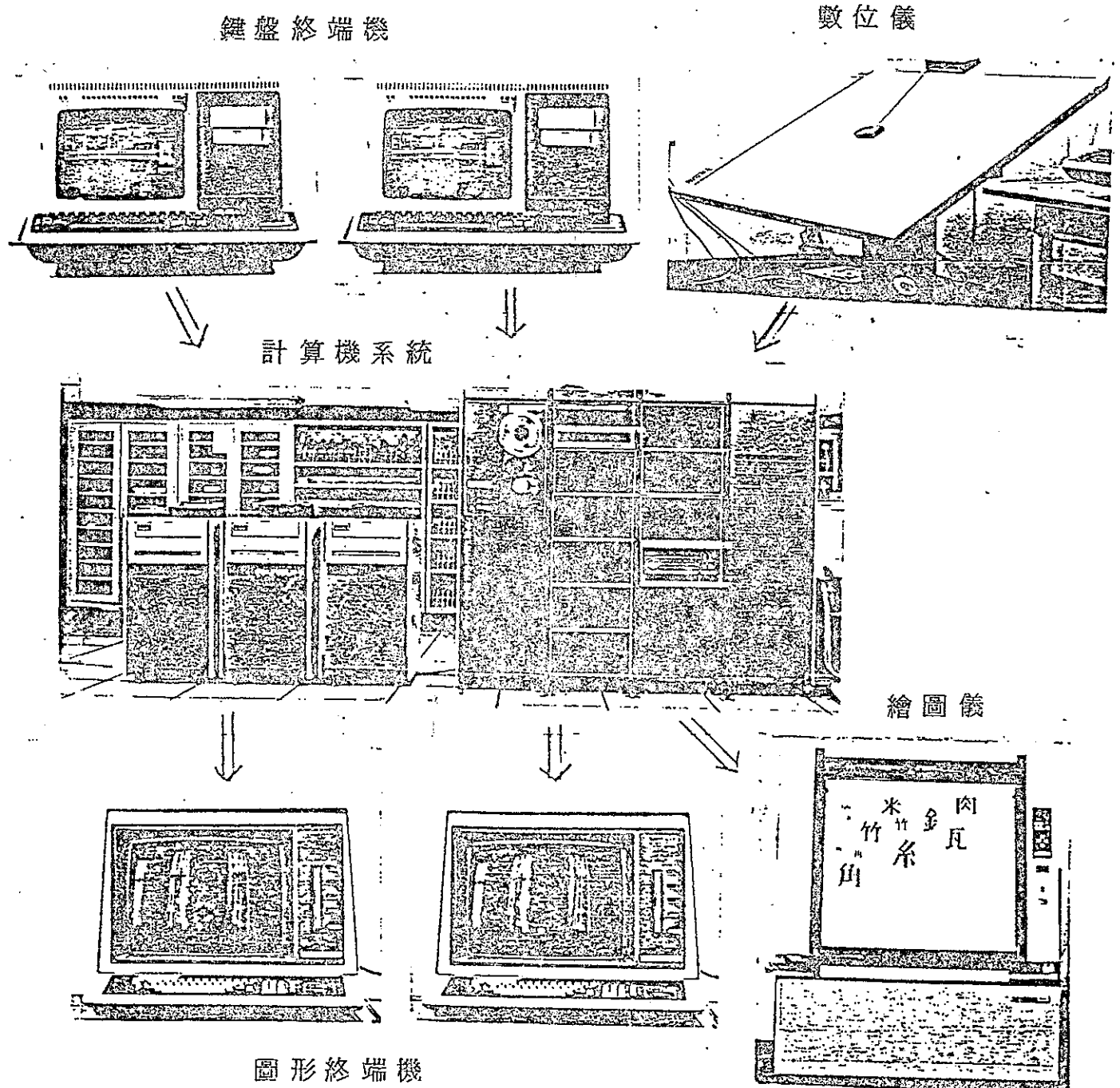


圖五 筆劃變形過程

圖三的筆劃形狀就是根據動畫法釐訂的，其上的二個筆劃若從一筆劃變化至另一筆劃有意義的話，則經過動畫法的處理後，可以將變化過程中的筆劃形狀決定。所以，雖然 ACCFONT 基本筆劃數甚少，但是經過動畫法處理却可產生無窮多不同形狀的筆劃，這是動畫法之妙用所在，藉著這種方法才能配合中國書法的多變化性。

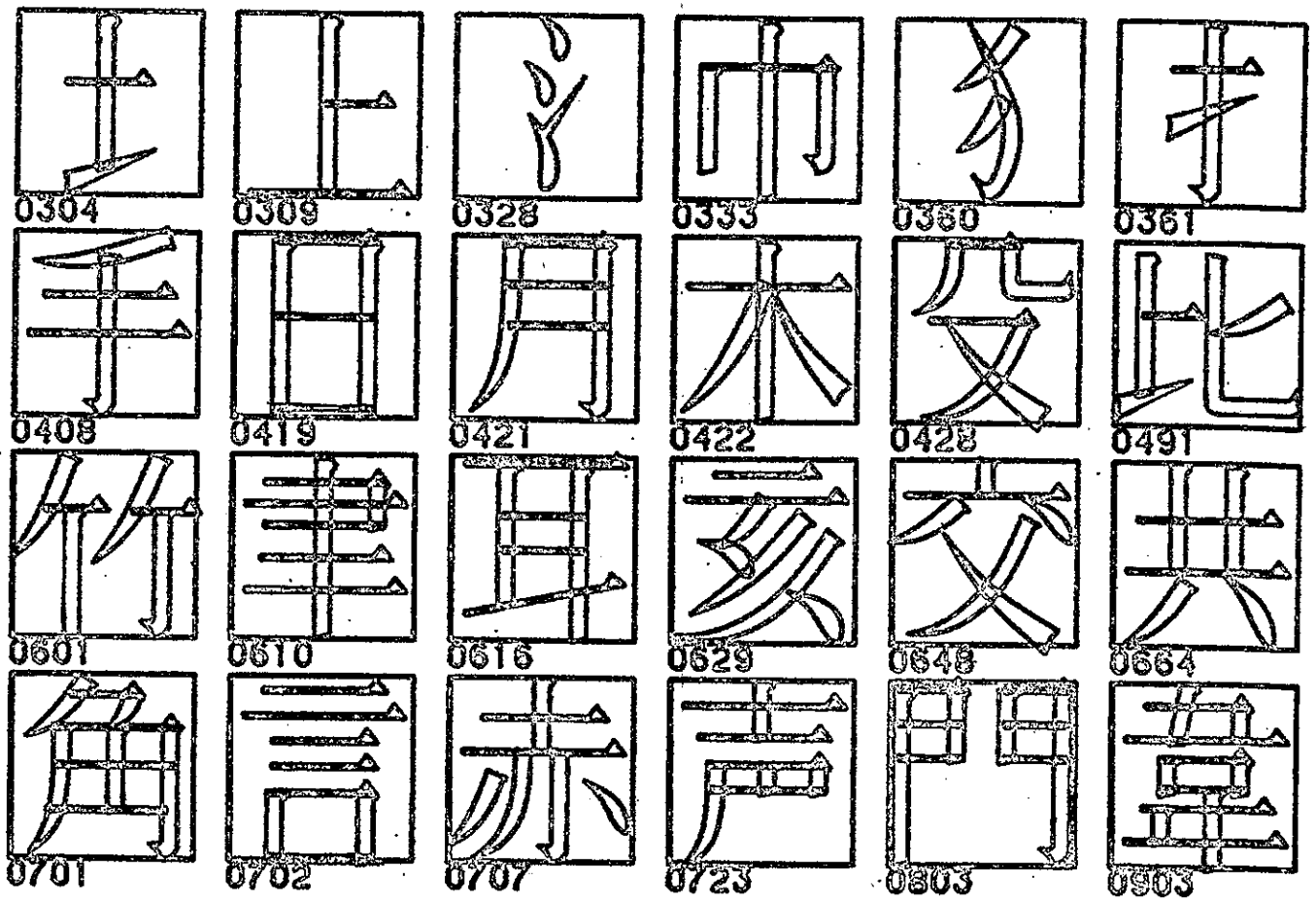
ACCFONT 系統組織

圖四之筆劃形狀係經由數位儀 (Digitizer) 輸入各筆劃的素描控制多邊形端點，這些端點即成筆劃檔儲存在磁碟裏。筆劃組字根或字根組字的語法其字串描述經由終端機鍵輸入到 PDP11/70 計算機處理，並將字形顯示在 Tektronics 圖形終端機的螢光幕，供人機交互動作以獲得滿意的字形，再分別以字根檔及字形檔儲存在磁碟裏。

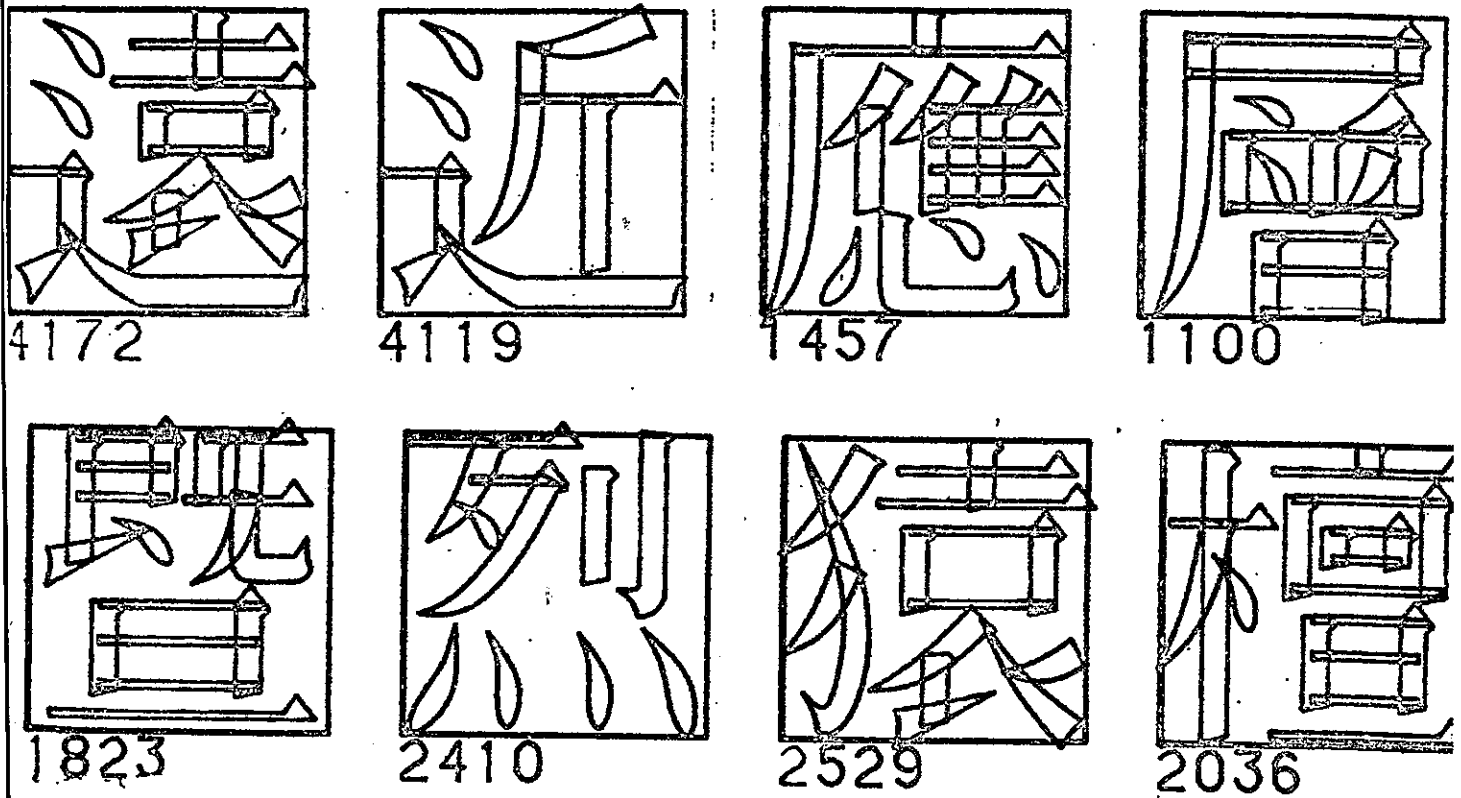


圖六 ACCFONT 系統組織

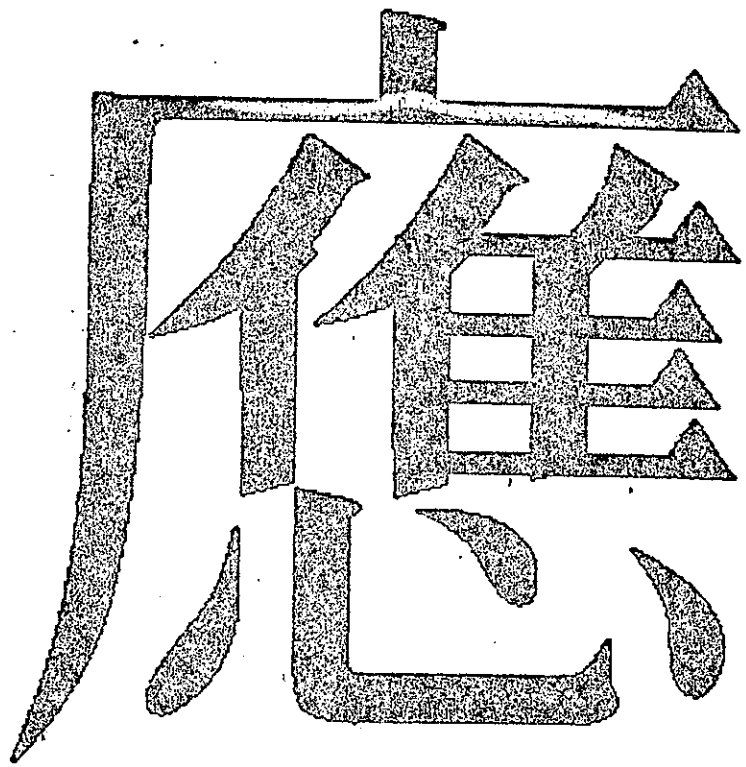
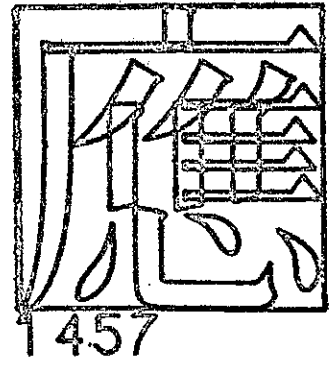
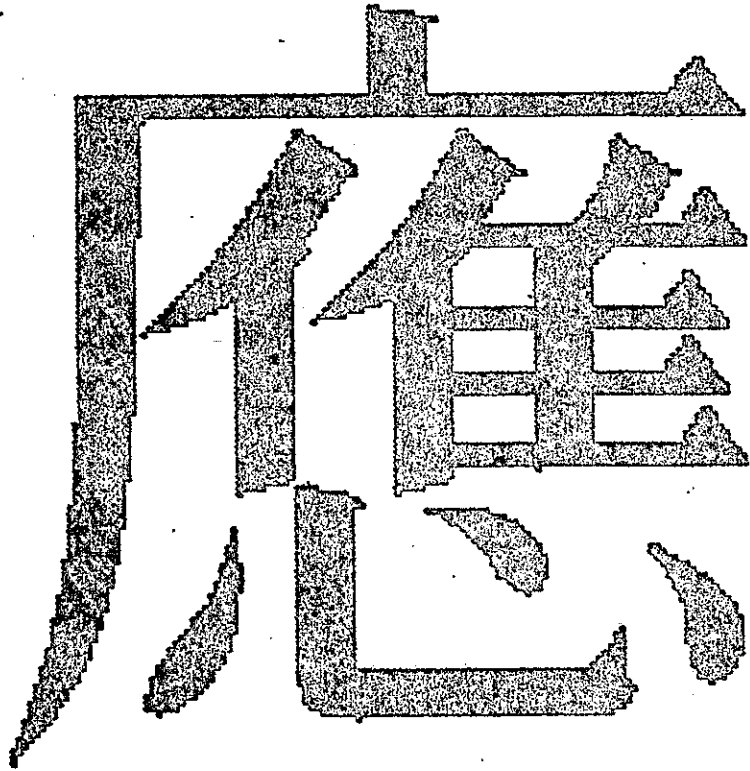




圖七 ACCFONT 部份的字根檔



圖八 ACCFONT 部份的中文字形檔



圖九 ACCFONT 中文字「應」的點矩陣輸出

當字根及字形建檔後，ACCFONT 系統（其組織如圖六所示）就已經將它們的形狀用 B 軟楔函數公式定義在一個圖形顯像窗（Display Window）的座標系裏，依電腦圖形學 [7] 的術語，就是符號定義（Symbol Definition）。若要使符號定義依照不同的要求顯像，也就是將它們變成符號實體（Symbol Instance），則必須加入要求的規格，例如以一個  $128 \times 128$  點矩陣的某中文字形在輸出儀如繪圖儀（Plotter）上，以多大的尺寸顯像？這時，ACCFONT 系統的后處理器（Postprocessor）接受所要求規格的參數後，就加以處理再顯像 [8]。ACCFONT 部份的字根檔（圖七），ACCFONT 部份的中文字形檔（圖八），中文字「應」的  $128 \times 128$  及  $256 \times 256$  點矩陣輸出（圖九），這些圖片都是經過 ACCFONT 后處理器執行後，在 Calcomp 960 繪圖儀上畫出來的。

## 結 論

綜上所論可知，中文字自動產生系統（ACCFONT）是屬於智慧型的交互式設計系統（Interactive Design System）此系統模型使計算機的運作範疇（Computer Bound）屬於高階層次的應用，即計算機在整個系統的運作中，發揮了更大的功效。ACCFONT 系統是以字串輸入計算機，經過語法解析後成數值而為計算機瞭解在何種情況下那些筆劃要變形，那些筆劃不變形，及如何變形。此「瞭解」過程即為非數值的決策（Nonnumerical Decision）亦即是使計算機具有智慧型的判斷，讓從事字形的設計者僅需根據字形結構的文法下達命令，就可獲得滿意的結果。

ACCFONT 系統在建造中文美工字體上，為了配合動畫處理，採用了人造筆劃形狀，總共的筆劃數估計不超過八十個。每個中文字可以從這些人造筆劃及它們的變形中組成，其情形就像化學週期表的元素可以組成所有化學物一樣，所以 ACCFONT 將有助于中文字形或字體的研究。我們認為中文電腦字體是可以定義的，這對於中文標準化及中文資訊的發展，將具有極大的價值。目前，我們對字體的定義是相當朦朧的，不易明確的敘述，例如宋體字前人描寫為「點如瓜子撇如刀，橫輕豎重捺如掃」。從數量化的觀點言，我們可以說宋體電腦字（Computerized Song Character）是一個代數系統（Algebraic System），它的本原是如圖四的筆劃，模式文法（Pattern Grammar）是組字的語法，算子（Operators）是窗函數

轉換 (Windowing Transformation) 和動畫演算法，則宋體電腦字的定義就被確定了。同樣的道理，明體電腦字是另一個代數系統，它和宋體電腦字的不同處，僅是系統本原的筆劃不一樣而已。其他中國文字的書法，若能明確地定出其代數系統，則其書法的電腦化才變成可能。

ACCFONT 系統所定義的宋體電腦字，在一個顯像窗的座標系中是以 B 軟楔函數表示。由於每個字皆是用數學式表示，這些字要以各種形態輸出就變成相當容易，例如想以點矩陣、塗黑、浮體、藝術體、卡通變化等顯像，都是不難的問題。所以 ACCFONT 系統有如下的主要優點：

- 語法組字的工作僅需一次，即可產生多字體形的中文電腦字。
- 可隨時建造增加美觀的中文字。
- 可自動產生各種形態的中文字輸出。
- 可供高解析度的電腦輸出儀使用，以產生高品質的中文字。
- 可和電腦圖形系統配合產生圖形和中文字的畫面。
- 可和動畫系統配合自動產生中文字變幻的卡通。
- ... .. 等。

ACCFONT 的系統模型用了很多學理去設計 (implement) 它，數學上用了近似理論、數值方法、朦朧集合 (Fuzzy set)，資訊科學上用了人工智慧、形式語言 (Formal Language)、數據結構、電腦圖形等原理。將這些學科的原則與方法同時應用來設計一個系統的模型時，需要有多方面學科訓練 (interdisciplinary) 的思考及創見，才能使設計出來的系統是個非常有效之軟體輔助設計工具。這項設計工作在中央研究院資訊科學研究所一個中文研究小組的研討規劃下，以半年多的時間就完成了，可見中文計算機的研究工作雖然艱辛，但只要在系統模型及相關的基礎理論方面作深入研究，才能給未來中文資訊科學的發展開創出新的里程碑。我們希望 ACCFONT 系統模型的建立可以提供這方面的研究方向一點點啟發。

- [ 1 ] Donald E. Knuth, Mathematical Typography, Bulletin of the American Mathematical Society (new series), Vol.1, No.2 (1979), pp.337-372. Reprinted with corrections as part 1 of TEX and METAFONT: New Directions in Typesetting, American Mathematical Society and Digital Press, 1979.
- [ 2 ] Donald E. Knuth, METAFONT, a system for alphabet design, part 3 of TEX and METAFONT: New Directions in Typesetting, American Mathematical Society and Digital Press, 1979.
- [ 3 ] Tung Yun Mei, LCCD: A Language for Chinese Character Design, Computer Science Department, Stanford University, Stanford, Ca. and Institute of Computing Technology Academia Sinica, Peking, China.
- [ 4 ] K. Y. Cheng, A B-Spline Based Computer Animation System, Journal of the Chinese Institute of Engineers, Vol.4, No.1, pp.39-45, 1981.
- [ 5 ] W. J. Gordon, and R. F. Riesenfeld, B-Spline Curves and Surfaces, in Computer Aided Geometric Design, edited by R. E. Barnhill et al., Academic Press, pp.95-126, 1974.
- [ 6 ] S. A. Coons, Surface Patches and B-Spline Curves, in Computer Aided Geometric Design, edited by R. E. Barnhill et al., Academic Press, pp.1-16, 1974.
- [ 7 ] 鄭國揚, "動態畫基本理論之研究" 中央研究院資訊科學研究所技術報告 TR-81-001, 民國七十年。
- [ 8 ] 鄭國揚、陳原森, "電腦輔助卡通設計系統" 中央研究院資訊科學研究所技術報告 TR-82-016, 民國七十一年。
- [ 9 ] K. J. Chen and K. Y. Cheng, A Structured Design Methodology for Chinese Character Fonts, Technical Report, Inst. of Inf. Sci., Academia Sinica, 1983.