

# 관성 모우먼트에 의한 필기체 한글패턴의 정규화

安 錫 出\* · 田 龜 濟\*\* · 金 錫 哲\*\*\*

## Abstract

This paper proposed a method for the pattern normalization based on inertia moment to increase automatic recognition rate of hand-written Hangeul patterns.

The normalized patterns can be accomplished by transformmmg the input patterns according to the angle between X-axes and principal axes of inertia.

Experimental results show that the declination and stroke shape of the hand-written Hangeul patterns are much improved.

## I. 序 論

最近 韓國語情報處理 system의 개발에 관심이 높아지고 있다. 이러한 system의 발전을 위해 문자입력의 고속화 즉 기계적인 문자 인식이 요구된다.

인쇄체 문자인식은 실용화에 진전을 보이고 있지만 필기체 문자는 글을 쓰는 사람의 습성에 따라 그 변형이 심하므로 많은 어려움이 따른다. 그러므로 우선 구조가 간단한 英文字나 숫자를 인식시키기 위해 문자의 기울어진 각도를 추출한 후 특정한 각으로 주사하여 문자 데이터를 입력시키는 방법과 四角形內에 內接시키는 기하학적 방법등으로 문자패턴을 정규화시키고 있다.

특히 한문이나 한글문자는 문자를 구성하는 stroke나 그 구조가 복잡하여 기계적 인식에 많은 어려움이 있다.

한글문자의 인식은 1969년에 처음으로 문자구조상의 특징을 추출하여 이 문자가 구성된 공간 내에서 細分化 분리시켜 인식하는 방법으로 시작되고 있다.

필기체 한글문자는 구조와 형태가 복잡하고, 같은 종류의 문자라도 필자의 습성에 따라 그 변형이 크고 문자 패턴의 모우먼트값이 달라진다.

本 論文에서는 필기체 한글문자패턴(이하 패턴이라 칭함)에 대해서 인식률을 향상시키기 위해서 입력패턴의 크기를 2변수 보간법에 의해 일정크기로 정규화한 후, 이 패턴의 관성모우먼트값  $m_{11}$ 을 0으로 하는 선형변형을 시켜 패턴의 기울어짐 보정을 한 후 8방향 팽창 및 축소로 stroke 결함보수와 잡음을 제거하여 패턴정규화하는 방법을 제시하고 Computer Simulation을 통해서 그 타당성을 확인했다.

\* 釜山開放大學 印刷工學科

\*\*

\*\*\* 東亞大學校 電子工學科

II. 理 論

2-1. Pattern의 크기정규화

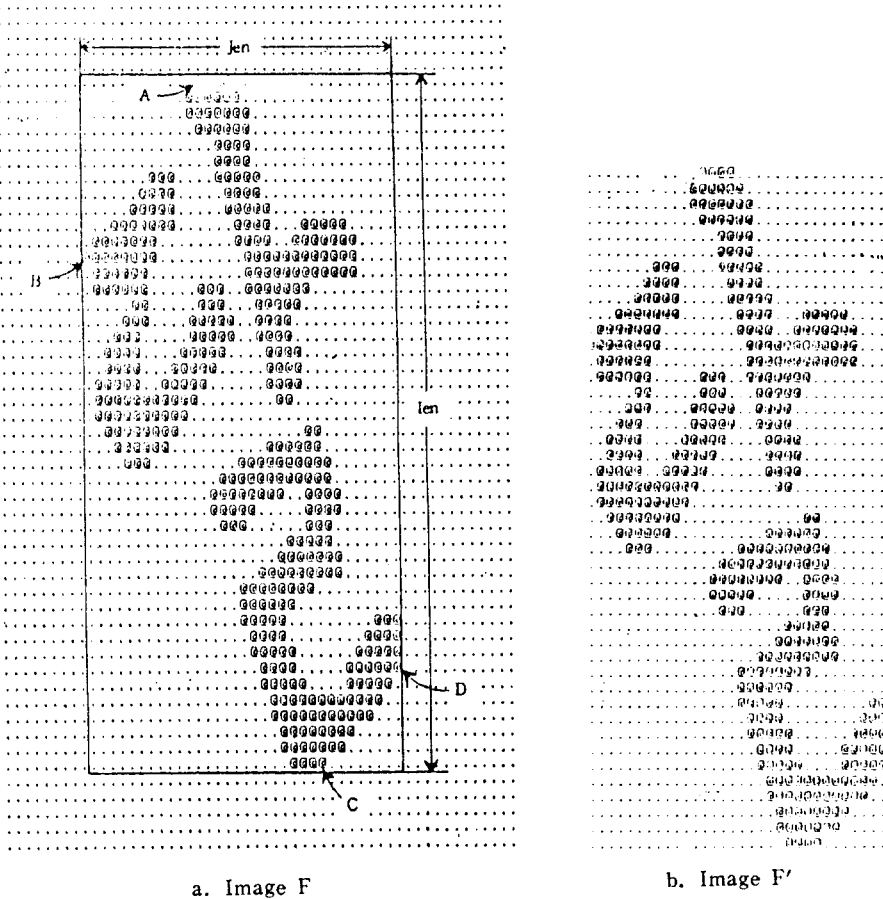


Fig.1. Character Image

화상입력장치를 통해서 입력된 데이터를 합치처리하여 2치화상으로 변환한 후 화상크기 64×64로 된 화상을  $F$ 라 하고, 그림 1-b에 나타난 바와 같이 문자가 포함된 화상의 크기  $F'$ 는 이 문자를 구성하는 화소를 포함한 最小長方形이다.

이  $F'$  화상의 수직 수평화소의 좌표를 각각  $(x, y)$ 라 하면,  $F'$ 는 다음 식으로 표시할 수 있다.

$$F' = \{x, y, f(x, y) | f(x, y) = 0, 1; x = 1, 2, \dots, I_{en} \\ y = 1, 2, \dots, J_{en}\} \dots\dots\dots(1)$$

여기서  $f(x, y)$ 는 좌표  $(x, y)$ 의 화소 농도이고,  $I_{en}$ 과  $J_{en}$ 은  $x$ 와  $y$ 의 최대값이며,  $F'$ 화상의

크기는  $I_{en} \times J_{en}$ 이다.

그리고  $f(x, y)=0$ 이면 화면의 배경,  $f(x, y)=1$ 이면 문자의 stroke를 구성하는 화소이다.

$I_{en} \times J_{en}$  크기의 화상  $F'$ 를  $K \times L$  크기의  $G$ 화상으로 변환시키면  $G$ 는

$$G = \{x_i, x_j, f(x_i, y_j) \mid \begin{array}{l} x_i = x_1, x_2, \dots, x_K \\ y_j = y_1, y_2, \dots, y_L \end{array} \} \dots \dots \dots (2)$$

이다. 여기서  $x_i, y_j$ 는  $x, y$ 의 標本點으로 다음과 같다.

$$\left. \begin{array}{l} x_i = 1 + \frac{I_{en}-1}{K-1}(i-1); (i=1, 2, \dots, K) \\ y_j = 1 + \frac{J_{en}-1}{L-1}(j-1); (j=1, 2, \dots, L) \end{array} \right\} \dots \dots \dots (3)$$

그리고  $f(x_i, y_j)$ 는 패턴  $G$ 에서 좌표  $(x_i, y_j)$ 의 화소의 농도값으로 다음과 같다.

$$f(x_i, y_j) = C_1 x_i y_j + C_2 x_i + C_3 y_j + C_4 \dots \dots \dots (4)$$

여기서  $C_1, C_2, C_3$ , 그리고  $C_4$ 는

$$\begin{aligned} C_1 &= Z_1 - Z_2 - Z_3 + Z_4 \\ C_2 &= l_j(Z_2 - Z_4) + (l_j + 1)(Z_3 - Z_1) \\ C_3 &= k_i(Z_3 - Z_4) + (k_i + 1)(Z_2 - Z_1) \\ C_4 &= Z_1(l_j + 1)(k_i + 1) - Z_2 l_j(k_i + 1) - Z_3(l_j + 1)k_i + Z_4 l_j k_i \end{aligned}$$

가 된다.

$$\begin{array}{ll} Z_1 = f(k_i, l_j) & Z_2 = f(k_i, l_j + 1) \\ Z_3 = f(k_i + 1, l_j) & Z_4 = f(k_i + 1, l_j + 1) \end{array}$$

여기서  $k_i = [x_i]$ ,  $l_j = [y_j]$ 이고  $[ ]$  기호는 정수만을 표시하는 Gauss기호이다. 식 (2), (3), (4)에서  $I_{en} \times J_{en}$  크기의 패턴이  $K \times L$  크기의 패턴  $G$ 로 변환된다.

변환된 화상  $G$ 를 다음과 같이 표현하고, 그림 2와 같다.

$$G = \{(I, J, f(I, J)) \mid \begin{array}{l} I = 1, 2, \dots, K \\ J = 1, 2, \dots, L \end{array} \} \dots \dots (5)$$

### 2-2. 文字패턴의 幾何學 補正

#### (1) Moment

화소수가  $K \times L$ 의 화상  $G(I, J)$ 의 moment  $M_{p,q}$ 는 다음 식으로 정의된다.

$$M_{p,q} = \sum_{I \in K} \sum_{J \in L} I^p J^q G(I, J) ; p, q \in N_0 = \{0, 1, 2, \dots\} \dots \dots (6)$$

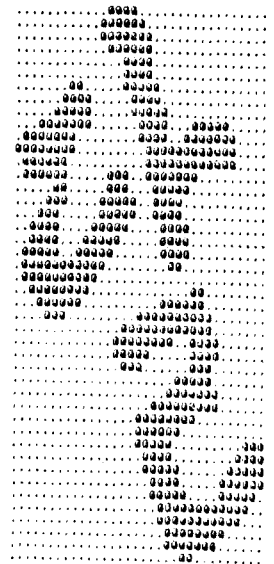


Fig. 2.  $K \times L$  Pattern

$p$ 와  $q$ 가 0일 때 즉 0次 moment는 화상의 농도  $G(I, J)$ 의 총합이고, 2值畫像의 경우에는  $M_{00}$ 가 대상물의 면적을 나타낸다.

1次 moment  $M_{10}$  및  $M_{01}$ 을  $M_{00}$ 로 다음과 같이 重心의 좌표가 얻어진다.

$$\left. \begin{aligned} I_G &= \frac{M_{10}}{M_{00}} \\ J_G &= \frac{M_{01}}{M_{00}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

2次 moment를 관성 moment라고도 말하며 거리의 2승을 하고 이것을 면적에 대해서 총합한 량으로 정의된다.

$$\left. \begin{aligned} M_{20} &= \sum \sum G(I, J) I^2 \\ M_{02} &= \sum \sum G(I, J) J^2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

그림 3에서 원점을 지나서  $J'$ 축과  $\theta$ 각을 이루는  $OQ'$ 축의 관성 moment  $M_\theta$ 는

$$M_\theta = \sum \sum G(I, J) r^2 \dots\dots\dots (9)$$

로 정의되고  $r$ 는

$$r = I \cos \theta - J \sin \theta \dots\dots\dots (10)$$

이다. 식 (9)와 (10)에서  $M_\theta$ 는

$$\begin{aligned} M_\theta &= M_{20} \sin^2 \theta + M_{02} \cos^2 \theta \\ &\quad - M_{11} \sin 2\theta \dots\dots\dots (11) \end{aligned}$$

로 된다.

$M_\theta$ 가 最小로 되는 값  $\theta_0$ 는  $dM_\theta/d\theta=0$ 에 의해서

$$\tan 2\theta_0 = 2M_{11}/(M_{20} - M_{02}) \dots (12)$$

로 된다.  $\tan 2\theta_0 = 2 \tan \theta_0 / (1 - \tan^2 \theta_0)$ 이므로  $\tan \theta_0$ 는 2차방정식

$$\tan^2 \theta + \frac{M_{20} - M_{02}}{m_{11}} \tan \theta - 1 = 0 \dots\dots\dots (13)$$

의 해로서 구한다.

$$(M_{11} \tan \theta + M_{20})^2 - (M_{20} + M_{02})(M_{11} \tan \theta + M_{20}) + (M_{20}M_{02} - M_{11}^2) = 0 \dots (14)$$

로 되고  $M_{11} \tan \theta + M_{20}$ 은 행렬

$$M = \begin{pmatrix} M_{20} & M_{11} \\ M_{11} & M_{02} \end{pmatrix} \dots\dots\dots (15)$$

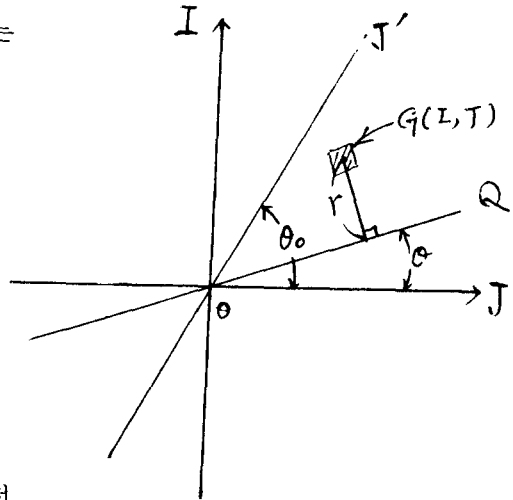


Fig. 3. Principal axes of Inertial

의 고유값이고,  $J$ 축과  $\theta_0$ 의 각을 이루는  $OJ'$ 軸이 관성의 주축이다.

(2) 패턴의 線形變換

$f(x, y)$ 로 표현되는 vedio 패턴을 좌표변환을 이용하여  $g(x', y')$ 로 변환하기를 원한다.

$$\begin{cases} x = a_{11}x' + a_{12}y' \\ y = a_{22}y' \end{cases} \dots\dots\dots(16)$$

여기서  $M^*$ 는

$$M^* = \begin{bmatrix} K & 0 \\ 0 & K \end{bmatrix} \dots\dots\dots(17)$$

이고 변환 matrix  $A$ 는

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ 0 & a_{22} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(18)$$

이다.

$$M = A M^* A' \dots\dots\dots(19)$$

따라서 식(18)에 의해서 패턴  $P$ 의 새로운 moment matrix는

$$M = \begin{bmatrix} K(a_{11} + a_{12})^2 & K a_{12} a_{22} \\ K a_{12} a_{22} & K a_{22}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{20} & M_{11} \\ M_{11} & M_{02} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(20)$$

그러므로 식(19)로부터  $a_{11}$   $a_{12}$   $a_{22}$ 는

$$\left. \begin{aligned} a_{22} &= [M_{02}/K]^{\frac{1}{2}} \\ a_{12} &= [M_{11}^2/KM_{02}]^{\frac{1}{2}} \\ a_{11} &= [(M_{20}M_{02} - M_{11}^2)/KM_{02}]^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(21)$$

로 되고 식(16)으로부터  $g(x', y')$ 를 구할 수 있다.

$$\left. \begin{aligned} x' &= 1/a_{11}x - 1/a_{11}a_{22}y \\ y' &= 1/a_{22}y \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(22)$$

2-3. 패턴의 평활화

(1) Stroke의 缺陷補修

패턴의 좌표변환시 발생하는 stroke의 결함을 근방화소를 고려하여 8근방 또는 4근방으로  $n$ 회 팽창한 후  $N$ 회 수축하면 그 補修가 가능하다.

화상  $f(I, J)$ 의 흑집합을  $B$ 라 하고 백의 집합을  $\bar{B}$ 라 할 때  $B$ 는 문자의 Stroke를 형성하는

집합이다.

$f(I, J)$ 의 화상을 8근방 팽창한 화상을  $g(I, J)$ 라 할 때

$$f'(I, J) = \sum_{k \in N} \sum_{l \in N} f(I+k, J+l), \quad f(I, J) \in \bar{B}, \quad N \triangleq \{-1, 0, 1\} \dots (23)$$

$$g(I, J) = \begin{cases} 0 & f'(I, J) = 0 \\ 1 & f'(I, J) > 0 \end{cases} \dots (24)$$

와 같고,  $g(I, J)$ 로 된 화상을 8방향 수축할 때는 다음 식으로 된다.

$$g'(I, J) = \frac{1}{9} \sum_{k \in N} \sum_{l \in N} \{g(I+k, J+l)\}, \quad g(I, J) \in B, \quad N \triangleq \{-1, 0, 1\} \dots (25)$$

$$g(I, J) = \begin{cases} 0 & g'(I, J) < 1 \\ 1 & g'(I, J) = 1 \end{cases} \dots (26)$$

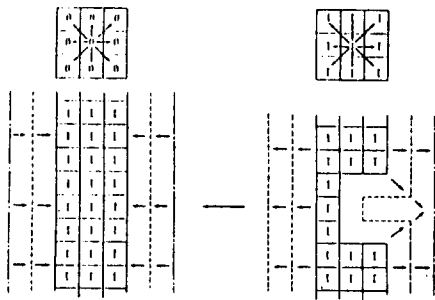


Fig. 4. Example of the 8-Neighbors

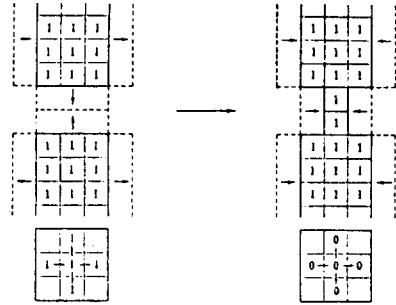


Fig. 5. Example of the 4-Neighbors.

식 (23 ~ 26) 까지의 관계를 그림으로 나타낸 것이 그림 4이고, 4방향의 팽창 및 수축의 관계는 그림 5와 같다.

그림 4에서 Stroke 결합이 연속 2개인 경우는 1회 팽창후 1회 축수로 결합 보수가 가능하고, 그림 5의 4방향 결합 보수는 Stroke 결합이 연속 1인 경우에 한해서 결합 보수가 가능하다.

(2) 雜音除去

$f(I, J)$ 의 화소농도 0 또는 1로서 문자를 구성하는 Stroke의 변화가 평활하여야 하고 Stroke를 구성하는 1의 화소내에 0의 화소가 있을 때, 또는 배경을 구성하는 0의 화소내에 1의 화소가 있을 때 이를 고립점이라 하고 잡음으로 본다. 이 잡음은 다음 식으로 제거될 수 있다.

$$f'(I, J) = \frac{1}{9} \{ \sum_{k \in N} \sum_{l \in N} f(I+k, J+l) \}, \quad N \triangleq \{-1, 0, 1\} \dots (27)$$

$$g(I, J) = \begin{cases} 0 & \text{만약 } f'(I, J) < \gamma \\ 1 & \text{만약 } f'(I, J) \geq \gamma \end{cases} \dots (28)$$

단, 여기서  $\gamma$ 는  $(I, J)$ 의 좌표가 주위의 화소농도가 어떠한 때 1 또는 0으로 할 것인가 하는

합치(threshold value)이다.

### III. 實驗 및 考察

#### 3-1. 실험장치 및 방법

본 실험을 위한 입력장치는 ITV 카메라, Image Digitizer(VD-100), Micro Computer로 구성하였다.

이 화상입력장치로 문자패턴의 데이터 베이스를 만들어 Mini computer에 옮긴 후 64×64 크기의 화상크기로 0 또는 1의 2진값으로 변환한 데이터를 이용하여 FORTRAN program으로 Simulation 하였다. 그림 6은 본 실험의 블럭선도이다.

#### 3-2. 화상데이터 및 크기 정규화

STEP 1에서 화상 입력장치로 입력된 문자 데이터를 Mini Computer에 옮긴 후 크기를 64×64로 하고 문자를 구성하는 Stroke의 농도를 1 배경의 농도를 0로 한 "달"문자의 데이터 예이다.

이 화상의 문자를 구성하는 Stroke가 존재하는 최소강방형을 추출하여 이를  $F$ 로 하고  $I_{mn} \times$

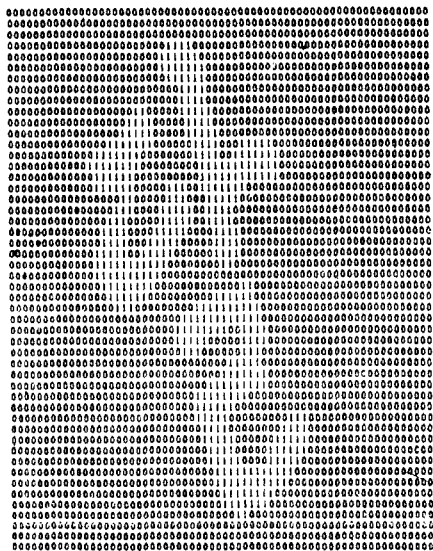


Fig. 7. Example of Data Base for "달".

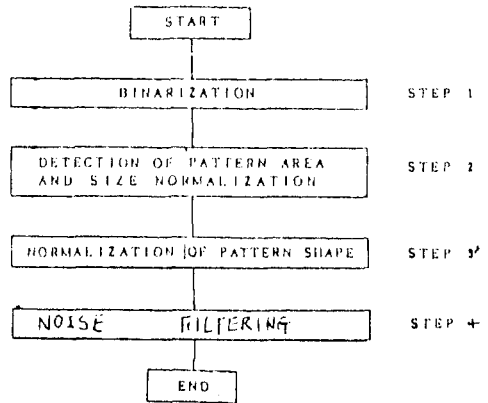


Fig. 6. Block Diagram of Pattern Normalization.

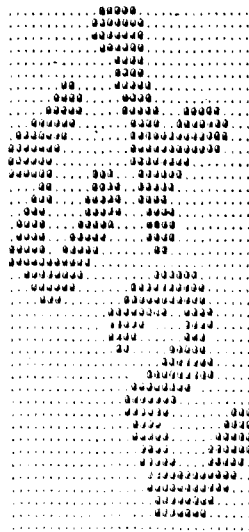


Fig. 8. Size Normalized Pattern.

$J_{en}$  크기의 화상  $F$ 를 일정한 크기  $K \times L(42 \times 32)$  크기로 2변수 보간법에 의해 크기 정규화한 화상  $F'$ 가 그림 8이다.

3-3. 패턴의 기하학 보정

크기 정규화된 화상  $F'$ 의 moment를 구한 후 관성 moment가 최소로 되는 관성의 주축을 구한다.

본 실험에서는 이 관성을 주축을 세로축으로 하고, 가로축은 변화하지 않은 상태에서 배열만 고려했다.

즉 세로축의 크기와 가로축의 크기가 같도록 mapping시킨 결과가 그림 9이다.

3-4. 패턴의 Stroke 缺陷補修 및 雜音除去

모우멘트 정규화된 패턴의 Stroke 缺陷이나 雜音은 그림 9.에서 나타난 바와 같이 패턴의 형태에 따라 다르지만 존재할 수 있다.

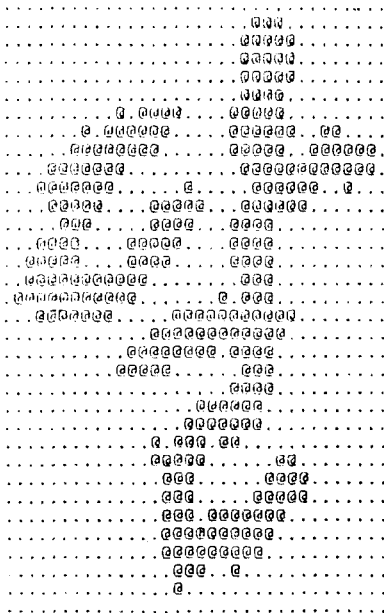


Fig.9. Moment Normalized Pattern

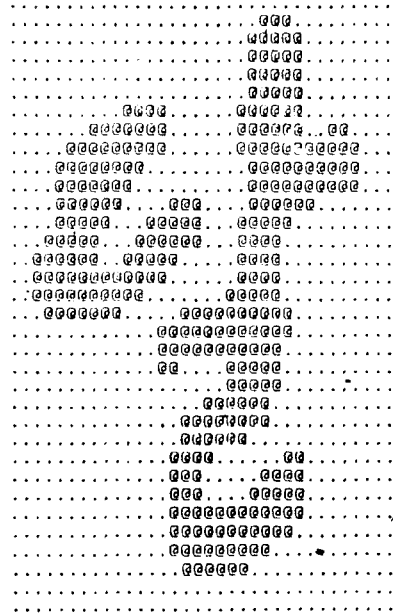


Fig.10. Noise Filter out Pattern

이와 같은 잡음이나 Stroke의 결함은 Stroke density 함수로 패턴의 특징을 추출할 경우 변화가 심하게 된다. 따라서 이들 잡음을 제거한 정규화된 패턴이 그림 10과 같다.

그림 11은 패턴의 영역만 추출한 후 2변수 보간법에 의한 크기 정규화한 pattern과 기하학 보정 pattern과 잡음 제거된 pattern의 형태를 나타낸 그림이다.



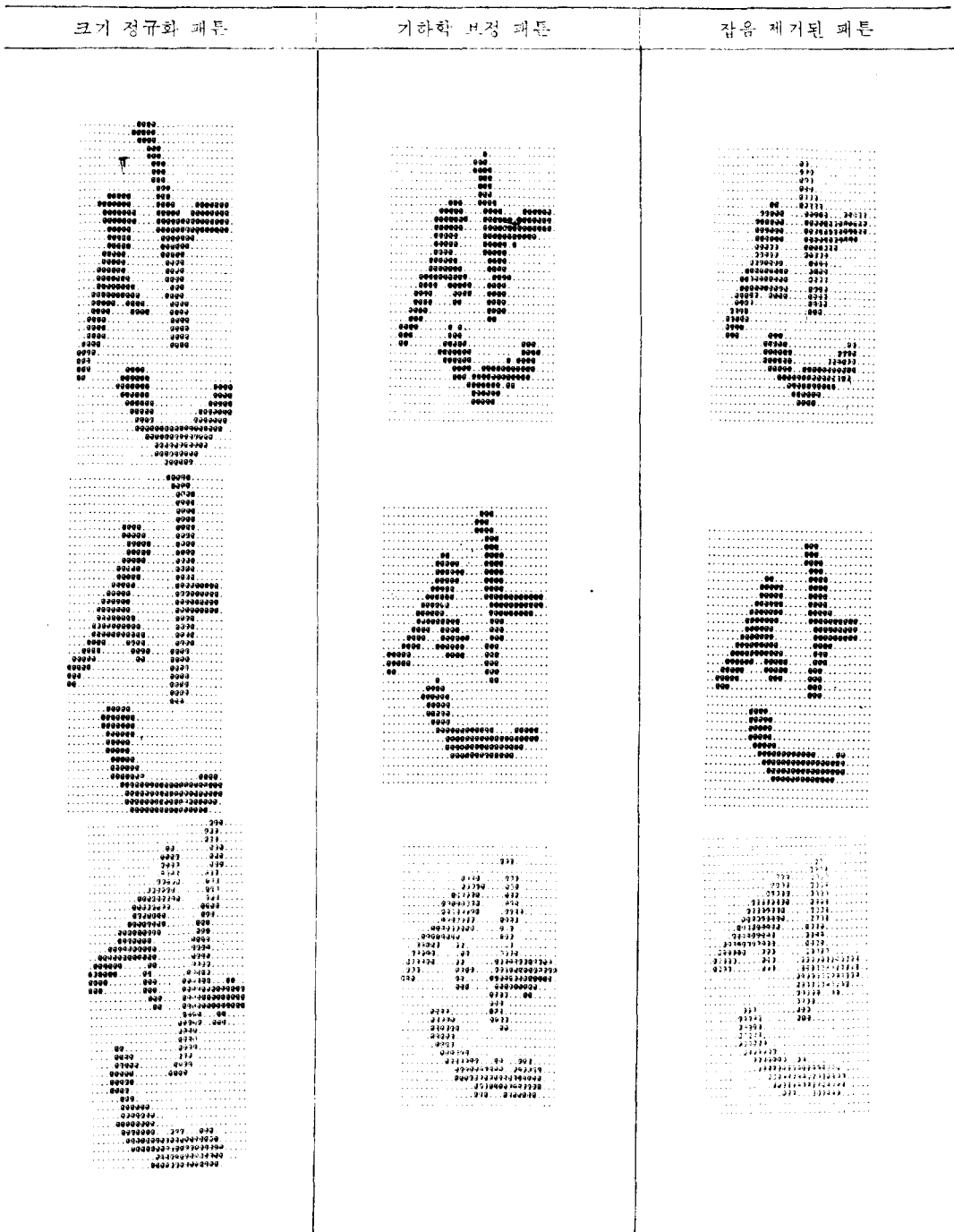


Fig. 11. Example of the Normalized Patterns.

## IV. 結 論

필자의 습성에 따라 변형이 심한 필기체 한글문자에 대한 인식률을 향상시키기 위해서 본 논문에서는 제안된 패턴 정규화 방법을 이론적으로 해석하고 Computer Simulation한 결과 다음과 같은 성과를 얻었다.

1. 크기 정규화 패턴은 필자의 습성에 따라 달라지는 문자의 크기 및 국부적 변형이 잘 흡수된다.
2. 이론상으로 관성의 주축이  $I$ 축과 동일선상 즉  $90^\circ$ 일 때는 pattern의 회전은 없고  $I$ 축과  $J$ 축의 길이가 같도록 長軸이 축소 mapping된다.
3. 관성의 주축이  $I$ 축을 중심으로 좌우에 있을 때 기울어짐 보정이 잘 된다.
4.  $J$ 축의 기울어짐 보정은 실행하지 않았으므로  $J$ 축과 나란한 Stroke의 기울어짐 보정은 되지 않는다.

이상의 결과로  $I$ 축 방향에 대한 패턴의 기울어짐 변형 및 국부적 변형에 대해서 보정이 잘 되므로 패턴의 인식에 있어서 사전처리로 이용하면 패턴 인식률 향상이 기대된다.

차후 대상패턴을 몇 가지 패턴 및 형태에 대한 Computer실험을 했으므로 많은 대상패턴에 대한 실험을 위해서 패턴변형의 정량적 파악 및 변형패턴 발생에 관한 연구를 진행할 예정이다.

## 참 고 문 헌

- 1) 安錫出: "멀티-폰트 印刷數字 認識", 産業技術研究 論文集, Vol.1, pp.169~176, 1985.
- 2) 安錫出, 崔富貴: "관성모우먼트에 의한 패턴정규화", 1968년도 춘계학술발표회 논문집, pp.99~101.
- 3) Casey, R.G. "Moment Normalization of Hand Printed Characters", IBM J. RES. Develop pp.548~557.10, 1970.
- 4) Mitsuru Shiono "Recognition Hand Printed Characters by Directional Matching Method, 信學論 (1), Vol.J 60-D, No.12, pp.402~409. 12,1970.
- 5) Mitsuru Shiono, "A Method of size transformation and shape adjustment for Dotted KANJI Patterns, 信學論(D) Vol.J63-D, No.7, pp.558~564. 7.1980.
- 6) Michio Yasuda, "An Improvement of Correlation Method for Character Recognition", 信學論 (D), Vol.J62-D, pp.217~224. 3.1979.