

プログラムのページ

76-03 手書き数字文字の正規化プログラム

鳥岡 豊士* 高橋 秀樹**

1. 序 論

手書き文字認識において、文字の歪み（回転、位置ずれ、太さ）を修正し、正規化することが重要である。ここでは、射影幾何学を用いた正規化の方法を示す。

この方法は、G. Nagy¹⁾らによって取り扱われているが、本稿では認識のことを考慮し、縮小した低次元パターンを作るため、入力パターンを線要素パターンに変換した後、正規化する方法、およびこの方法によって十分な正規化が行えない場合の処理手続きを明らかにする。同時にこの方法で正規化されたパターンを用いて行った文字認識の結果を合わせて示す。

2. 射影幾何学を用いた正規化方法

射影幾何学を用いた正規化方法は、文字パターンを四辺形で囲み、その四辺形を正方形に変換することにより正規化を行う方法であり、この方法によると正規化を行った縮小パターンを簡単に得ることができる⁴⁾。

さて図-1 (a) の四辺形に囲まれた文字パターンは射影幾何学に基づく変換公式

$$\begin{aligned} 0x &= \frac{OX \cdot AC}{OA \cdot CX} \\ 0y &= \frac{OY \cdot BD}{OB \cdot DY} \end{aligned} \quad (2.1)$$

によって図 1 (b) のパターンに正規化される³⁾。この際、文字パターンを囲む四辺形の4頂点は正方行列上に与えられた文字パターンを45°, 135°, 225°, 315°の方向から走査することにより決定される。しかし文字パターンの中にはこのような処理によって十分な正規化が行えない“1”, “4”, “7”, “9”のような文字があるが、これらの文字は3. (次頁~668 頁参照)のプログラムのサブルーチン HOSEI, SUBRUN

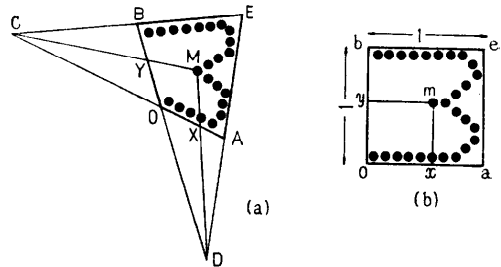


図-1 座標変換

によって処理される。

我々の対象とする文字パターンは細めの処理により1ビット幅の文字パターンに変換されるので、文字パターンの連結性についても十分な考慮を払う必要がある。そのため注目している3点の8近傍点との連結性を考えねばならない。しかし実際には、走査方向のことを考慮すると4近傍点を考えるだけで十分である。

(669 頁につづく)

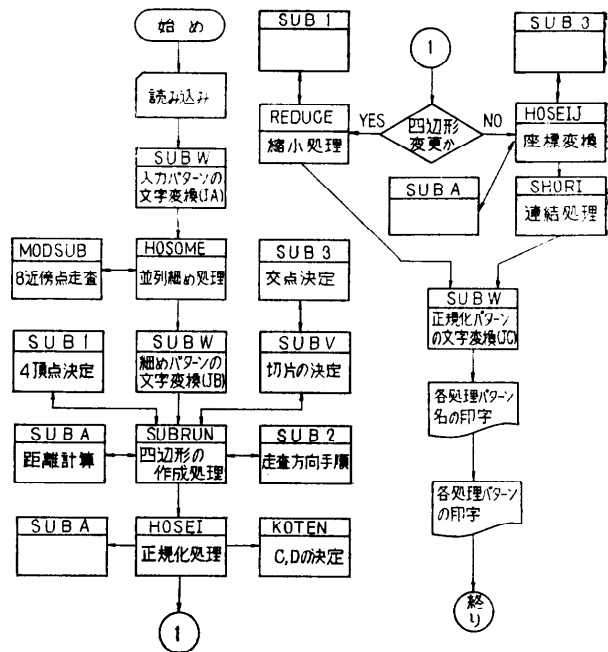


図-2 プログラムの流れ図

* 山口大学短期大学部電気工学科

** 山口大学工学部電気工学科

```

SUBROUTINE HOSEI
COMMON /CDE/IA(24,24),IB(24,24)
1/LHM/X1,X2,X3,X4,Y1,Y2,Y3,Y4
2/CLM/A1,A2,A3,A4,B1,B2,B3,B4
3/OPB/CK,DX,CY,DY/HIG/XM,YM
DO 53 I=1,24
DO 53 J=1,24
53 IB(I,J)=0
CALL SUBR(X1,Y1,X2,Y2,AY)
CALL SUBR(X1,Y1,X3,Y3,AX)
CALL SUBR(X1,Y1,X4,Y4,AY)
CALL SUBR(X2,Y2,X3,Y3,AX)
YY=AY
IF(AY.GT.BY) YY=BY
XX=AX
IF(CX.LY-0.2) 60,80,40
60 DO 70 I=1,24
DO 70 J=1,24
70 IB(I,J)=IB(I,J)+1
IF(CX.LY-0.2) 60,80,40
80 DO 90 I=1,24
DO 90 J=1,24
90 IF(CJ-X)XK 100,100,110
100 NB=JXK
NA=JX
60 TO 120
NA=JX
120 IF(CJ-EN+JX.AND.IY.EQ.1YY) 60 TO 60
IF(CJ-NE+JX) 60 TO 60
DO 10 NNA=NB
DO 10 NN=NA
RETURN
20 DO 30 MNA=MB
30 IB(IY,MM)=1
RETURN
40 IF(CMB-MNA+NB-NA)EQ.2) 60 TO 60
IF(CMB-MNA)G.1)MNA=NB
NB=AA*FLOAT(JX)+FLOAT(JY)
DO 50 MNA=MB
NN=AA*FLOAT(MM)+BB
DO 50 NN=MM
RETURN
45 AA=FLOAT(CJ-XJX)+FLOAT(IY-IYY)
BB=AA*FLOAT(IY)+FLOAT(JX)
DO 25 MNA=NB
DO 25 NN=MM
55 IB(NN,MM)=1
RETURN
60 IB(IY,JX)=1
RETURN
END

SUBROUTINE SHORI(IY,JX,IYY,JXX)
COMMON /CDE/IA(24,24),IB(24,24)
IF(IY-IYY) 70,70,80
NA=IY
60 TO 90
80 NB=IYY
90 IF(CJ-X)XK 100,100,110
100 NB=JXK
NA=JX
60 TO 120
NA=JX
120 IF(CJ-EN+JX.AND.IY.EQ.1YY) 60 TO 60
IF(CJ-NE+JX) 60 TO 60
DO 10 NNA=NB
DO 10 NN=NA
RETURN
20 DO 30 MNA=MB
30 IB(IY,MM)=1
RETURN
40 IF(CMB-MNA+NB-NA)EQ.2) 60 TO 60
IF(CMB-MNA)G.1)MNA=NB
NB=AA*FLOAT(JX)+FLOAT(IY)
DO 50 MNA=MB
NN=AA*FLOAT(MM)+BB
DO 50 NN=MM
RETURN
45 AA=FLOAT(CJ-XJX)+FLOAT(IY-IYY)
BB=AA*FLOAT(IY)+FLOAT(JX)
DO 25 MNA=NB
DO 25 NN=MM
55 IB(NN,MM)=1
RETURN
60 IB(IY,JX)=1
RETURN
END

SUBROUTINE SUBV(ID,IE)
DIMENSION ID(24,24),IE(20,15)
DO 10 I=1,20
DO 10 J=1,15
IE(I,J)=K
K=I+J
IF(IE(I,O)K)EQ.1) IE(I,J)=K
DO 10 CONTINUE
RETURN
END

SUBROUTINE KOTEN(BB1,BB2,AA1,AA2,
11XX,YYY)
DIMENSION AA(24,24),BB(24,24)
DO 10 I=1,20
DO 10 J=1,15
BB(I,J)=K
K=I+J
IF(BB(I,O)K)EQ.1) BB(I,J)=K
DO 10 CONTINUE
RETURN
END

```

1	2	3
4	*	

4番点を
書きかえ
た
て
て
る

4番点を
書きかえ
た
て
て
る



図-3-2

```

SUBROUTINE HOSEI
COMMON /CDE/IA(24,24),IB(24,24)
1/LHM/X1,X2,X3,X4,Y1,Y2,Y3,Y4
2/CLM/A1,A2,A3,A4,B1,B2,B3,B4
3/OPB/CK,DX,CY,DY/HIG/XM,YM
DO 53 I=1,24
DO 53 J=1,24
53 IB(I,J)=0
CALL SUBR(X1,Y1,X2,Y2,AY)
CALL SUBR(X1,Y1,X3,Y3,AX)
CALL SUBR(X1,Y1,X4,Y4,AY)
CALL SUBR(X2,Y2,X3,Y3,AX)
YY=AY
IF(AY.GT.BY) YY=BY
XX=AX
IF(CX.LY-0.2) 60,80,40
60 DO 70 I=1,24
DO 70 J=1,24
70 IB(I,J)=IB(I,J)+1
IF(CX.LY-0.2) 60,80,40
80 DO 90 I=1,24
DO 90 J=1,24
90 IF(CJ-X)XK 100,100,110
100 NB=JXK
NA=JX
60 TO 120
NA=JX
120 IF(CJ-EN+JX.AND.IY.EQ.1YY) 60 TO 60
IF(CJ-NE+JX) 60 TO 60
DO 10 NNA=NB
DO 10 NN=NA
RETURN
20 DO 30 MNA=MB
30 IB(IY,MM)=1
RETURN
40 IF(CMB-MNA+NB-NA)EQ.2) 60 TO 60
IF(CMB-MNA)G.1)MNA=NB
NB=AA*FLOAT(JX)+FLOAT(IY)
DO 50 MNA=MB
NN=AA*FLOAT(MM)+BB
DO 50 NN=MM
RETURN
45 AA=FLOAT(CJ-XJX)+FLOAT(IY-IYY)
BB=AA*FLOAT(IY)+FLOAT(JX)
DO 25 MNA=NB
DO 25 NN=MM
55 IB(NN,MM)=1
RETURN
60 IB(IY,JX)=1
RETURN
END

SUBROUTINE SHORI(IY,JX,IYY,JXX)
COMMON /CDE/IA(24,24),IB(24,24)
IF(IY-IYY) 70,70,80
NA=IY
60 TO 90
80 NB=IYY
90 IF(CJ-X)XK 100,100,110
100 NB=JXK
NA=JX
60 TO 120
NA=JX
120 IF(CJ-EN+JX.AND.IY.EQ.1YY) 60 TO 60
IF(CJ-NE+JX) 60 TO 60
DO 10 NNA=NB
DO 10 NN=NA
RETURN
20 DO 30 MNA=MB
30 IB(IY,MM)=1
RETURN
40 IF(CMB-MNA+NB-NA)EQ.2) 60 TO 60
IF(CMB-MNA)G.1)MNA=NB
NB=AA*FLOAT(JX)+FLOAT(IY)
DO 50 MNA=MB
NN=AA*FLOAT(MM)+BB
DO 50 NN=MM
RETURN
45 AA=FLOAT(CJ-XJX)+FLOAT(IY-IYY)
BB=AA*FLOAT(IY)+FLOAT(JX)
DO 25 MNA=NB
DO 25 NN=MM
55 IB(NN,MM)=1
RETURN
60 IB(IY,JX)=1
RETURN
END

SUBROUTINE SUBV(ID,IE)
DIMENSION ID(24,24),IE(20,15)
DO 10 I=1,20
DO 10 J=1,15
IE(I,J)=K
K=I+J
IF(IE(I,O)K)EQ.1) IE(I,J)=K
DO 10 CONTINUE
RETURN
END

SUBROUTINE KOTEN(BB1,BB2,AA1,AA2,
11XX,YYY)
DIMENSION AA(24,24),BB(24,24)
DO 10 I=1,20
DO 10 J=1,15
BB(I,J)=K
K=I+J
IF(BB(I,O)K)EQ.1) BB(I,J)=K
DO 10 CONTINUE
RETURN
END

```

4番点を
書きかえ
た
て
て
る

4番点を
書きかえ
た
て
て
る

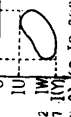


図-3-1 処理に用いたプログラム

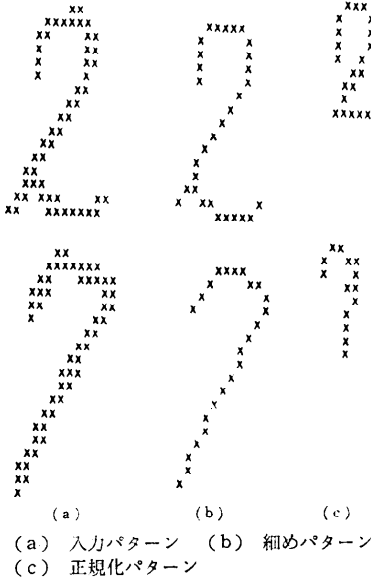


図-4 処理結果

3. 記号とプログラムの説明

プログラム中に用いている主なる配列, 変数を以下に説明する.

- /CDE/: 並列処理のための配列
- /EFG/: SUB 2 の初期値
- /HIG/: 倍率
- /KLM/: 直線の傾きと切片
- /LMN/: 四辺形の 4 頂点
- /OPQ/: 射影中心点の座標

またプログラム中 $X(J)$ は X 座標方向, $Y(I)$ は Y 座標方向を示している.

入力パターンは 20×15 次元の 0, 1 要素からなる文字の周囲を 0 要素で埋めた 24×24 次元のパターンである. 出力パターンは 9×5 次元に縮小された 0, 1 要素からなるパターンである. プログラムは汎用性を持たせる意味から, 入力パターンと出力パターンの

配列次元を同じにしている. 図 2 (666 頁参照), 図 3 に流れ図, および実際に用いたプログラムを示す. また, 図 4 にプログラムで処理された文字“2”, “7”の結果を示す. この図において, (a) 図は入力パターン, (b) 図は細め処理されたパターン, (c) 図は最終的に処理された低次元正規化パターンを示す.

4. 検 討

このプログラムの有効性を示すため, 400 個の手書き数字パターン (0~9) について実験を行った.

この実験結果より

- (1) 細め処理を正規化の前に行うことにより, 四辺形の 4 頂点を簡単に決定できる.
- (2) 20×15 次元の入力パターンを 9×5 次元のパターンに縮小しても, 各パターンは一様に正規化されたパターンに落ち着く.

ということが明らかになった. (1), (2) の事実をもとに, この縮小パターンを用いてテンプレートを作成し, 600 個のパターンの認識を行った結果 92% 近くの良い認識率を得ることができた⁵⁾.

参 考 文 献

- 1) G. Nagy, et. al.: “Normalization Techniques for Handprinted Numericals”, Communications of the ACM, Vol. 13, No. 8, pp. 475~481 (1970).
- 2) 山本他: “手書き数字認識論理の設計”, 電子通信学会論文誌, 70/10, Vol. 53-C, pp. 691~698 (1970).
- 3) R. クーラント他(森口繁一監訳): “数学とは何か”, 岩波書店, pp. 175~201 (1974).
- 4) 鳥岡, 高橋: “射影幾何学法によるパターンの正規化”, 山口大学工学部研究報告投稿中.
- 5) 高橋, 平田, 鳥岡: “テンプレートを用いた手書き数字文字の認識”, 電気四学会中国文部連合大会投稿中.

(昭和 50 年 10 月 2 日受付)
(昭和 50 年 11 月 4 日再受付)