



全手書き文字の認識システム*

—反射法による手書き文字認識—

吉田 真澄** 岩田 清** 山本 栄一郎**
榊 井 猛** 燕 山 幸 和**

Abstract

In this paper, we propose the new method called reflection method for recognizing hand-printed 82 categories which include Numerals, Alphabets and Katakana.

In the method, we can make the features of character in the shape of two segments, reflection and particular and we can get both global and local features by extracted segments.

Furthermore, in order to realize a high speed OCR machine, we used the technique that the features are extracted by one-directional scanning, which is performed in the horizontal and vertical direction reciprocally.

We also describe the system organization in this machine.

1. ま え が き

パターン認識の研究のなかで、特に文字認識についての進歩は著しく、常用手書き数字を対象とした認識装置は、既に商用化されている。

しかし、文字の種類が増加する英字、カタカナ、さらには、英数字とカタカナの混合を認識できる装置は、未だ、実用化の域に達していない。

これは、数字に比べて、英字やカタカナでは、手書きによる文字の変形が大きき、しかも、変形した文字と他のカテゴリーとの類似性が高くなるために、数字を認識できる方式よりは、はるかに高度な技術を駆使した方式が必要とされ、しかも、これがそのまま実用化レベルのハードウェアに変換しにくい場合が多い。それ故、システムとして文字認識を考える場合、現在のハードウェア技術による実現の可能性を考慮した上で、より認識の難かしい英字、カタカナ等の方式を開発することが重要とされる。

本論文は、ソフトウェアで達成できない読み取り速

度の高速性を追求するために、数字、英字、カタカナすべての字種を混合させた全手書き文字を、読み取り対象とした認識システムに関するものである。

本論文で筆者らは、高速性の点から次元を基本とした走査過程で、文字の変形を抑圧するように、安定な特徴を抽出し、これらを、文字の内部構成を表現する線分(特異線分)と文字の輪郭構成を表現する線分(反射線分)とに変換する反射法と名づけた方法を提案し、反射法から得られた線分が、文字を大域的に凹および凸近似される図形になることを示し、実際の認識に適用させた例を述べた。

また、線分のもつ局所的情報によって、各近似図形が合成されることを示し、実際の識別に適用させた例を述べるとともに、本方式による全手書き文字のシステム構成についても言及している。

2. 認識方式—反射法—

2.1 全手書き文字の特徴抽出への考慮

文字の特徴を抽出する場合、文字を形づくる黒い部分(文字線)に注目した方法と、文字を形づくる白い領域に注目した方法があることは良く知られている¹⁾⁻⁸⁾。しかし、ともに長所および短所があり、字種の多い認識に充分対処できない面をもっている。

* Recognition System of Handprinted Katakana Including Numerals, Alphabets by Masumi YOSHIDA, Kiyoshi IWATA, Eiichiro YAMAMOTO, Takeshi MASUI and Yukikazu KABUYAMA (Fujitsu Laboratories Ltd.).

** (株)富士通研究所

黒い部分に注目する方法は、端点、交叉点、文字線の傾き等局所的特徴の抽出を可能にするが、安定性に欠けることが多い^{5)~8)} (例えば、交叉点のヒゲ、文字の傾斜変形など)。

他方、白い部分に注目する方法は、種々の定義づけをすることによって、文字のへこみ(凹状態)やループ系等大域的な特徴の抽出を可能にするが、局所的な特徴の抽出ができない^{1)~4)}。

本反射法は、これらの問題点を解決するために、文字図形を外接する四辺形によって切り出し、上下左右の4方向から文字を見ることによって、文字を形づくる黒い部分および白い部分の特徴を安定に抽出させた方法である。特に、全手書き文字のように、認識の対象字種が多い場合、大域および局所に安定な特徴抽出が必要となるが、本方法では、正規化パラメータ(反射率)を用いることによって特徴抽出の安定化をはかり、さらに、局所的な情報の求め易さを考慮して、抽出される特徴をすべて線分として表現することに注目している。

2.2 外接四辺形からみた文字

文字の黒い部分は、文字枠によって形成される四辺形からみた図形の集合体とみなすことができる。

Fig. 1 は、カタカナ「ウ」を各辺からみたこの例を表わす。このとき、文字「ウ」を構成する文字線は、各辺からみた図形上の輪郭線の集合として表わされる。従って、各辺から何らかの形で線分の抽出が可能ならば、それは、文字を構成する文字線の一部を取り出すことになる。

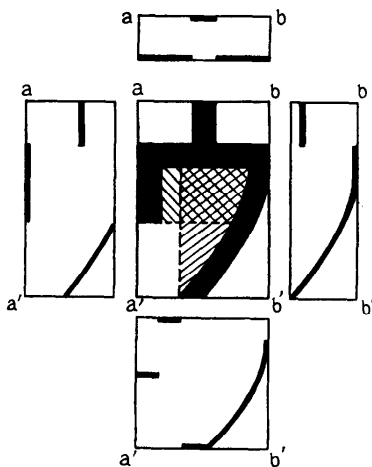


Fig. 1 Character viewed from Each Side

しかも、文字を形づくる白い領域は、この四辺から全く見えない部分と、四辺の一部からみえる部分に存在している。Fig. 1 中、右斜線部分が左、右、上からみえない部分、逆の左斜線部分が上、下、右からみえない部分を示す。この図より、四辺からみて、文字線と文字線に囲まれた部分が、文字を形づくる白い領域になることが分かる。

このように、文字に外接した四辺形の一辺から文字をみたときは、文字を形づくる文字線の局所的な特徴を、また、外接した一辺から文字線と文字線の間をみたときは、文字を形づくる白い領域の局所的な特徴を捕えることができる。

2.3 反射線分

反射法は、前節を基本とした特徴抽出法である。

本節では、外接四辺形から文字をみたときに、各々の辺からみえる文字の黒い部分の特徴抽出について述べる。本方法では、各辺からみえる文字の特徴を線分として表現させるため、抽出される特徴を反射線分と呼ぶことにする。もし、四辺形枠から文字をみたとき、文字の輪郭をそのまま捕えるなら、それは、入力図形そのものになり、手書きによる字形の変化をそのまま捕えることになる。それ故、手書きによる変化を抑圧するような正規化方法が必要となる。特に、一辺からみた輪郭の正規化は、一方向の走査過程で行うことが可能であるし、ハードウェア面からも二次元的な正規化は容易でない。

本反射法では、これらの観点から、一方向の走査のみを用いて、四辺形枠と文字の輪郭線の間、正規化された線分(反射線分)を作り、さらに、この正規化の間で、文字のもつ不必要な輪郭を除去させている。

この正規化に対するパラメータとして、次式で示される反射率(α)を定義する⁹⁾。

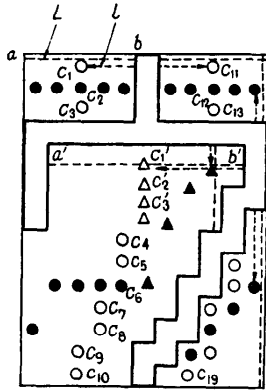
$$l = \alpha L \quad (0 \leq \alpha \leq 1)$$

ただし、 L は四辺形枠から文字をみた輪郭までの距離、 l は、反射線分を構成する成分 c_i (反射点) の位置を意味する ($i=1 \sim n$)。

以下、Fig. 2 (次頁参照)を用いて、正規化について説明する。

走査方向に沿った一方向性の波が四辺形枠 a 点から出発した時、文字を構成する黒点 b にぶつくと、あらかじめ設定されている反射率 α によって、進んできた方向とは逆の位置 l に反射点 c_i が形成される。

このような操作を文字枠上すべてから行い、各辺からみた反射点の列 $c(c_1 \sim c_n)$ を形成する。



△○は水平方向の走査 $c_1 \sim c_n$ 反射点 (反射線分)
▲●は垂直方向の走査 $c'_1 \sim c'_n$ 反射点 (特異線分)

Fig. 2 Organize of Normalized Feature

もし、 $\alpha=1$ なら c はすべて文字の輪郭線上にあり、
もし、 $\alpha=0$ なら c はすべて四辺形枠上にある。
もし、 $0 < \alpha < 1$ なら c はすべて四辺形枠と文字の輪
郭線間の白い領域に存在する。

このように、 α は、四辺形枠から文字をみたときの
輪郭を、かなり自由に変えるパラメータを意味し、 c
は文字枠から文字をみた輪郭の構成要素となり、 c
の集合が、 α によって正規化された反射線分を表現する
ことになる。

(1) 反射線分の生成

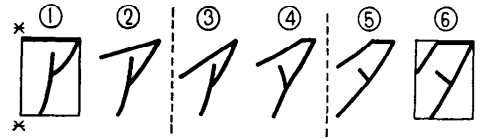
文字の輪郭は、一連の黒点の連続性をもって表現さ
れるから、正規化された反射点の合成も、この連続性
を捕えることによって行われる。しかも、ここで抽出
されている反射点は、一方向性であるから、その方向
に沿って、上下あるいは左右の連続性を捕えることで
合成される。

もし、一方向に連続なら、それは輪郭を示し、不連
続であるなら、それは輪郭を示さないことになる¹⁰⁾。
このようにして、連続になるものが反射線分となる。

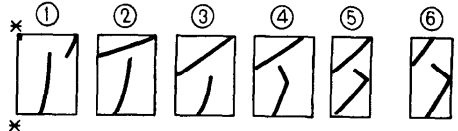
(2) 反射率 α の決定

反射率 α は、一辺から文字をみたときの輪郭を忠
実に表現したり、あるいは、圧縮したりさせる。それ
故、手書きされた文字の変形を吸収できる要素を含む
ことになる。この α の決定は、基本図形からのずれ
をどこまで許容させるかという、いわば、文字の変形
をどこまで許すかということから出発する。

Fig. 3 は、カタカナ「ア」および「タ」の変形を
示すものである。①⑥がそれぞれの基本図形で、②～



①「ア」の基本形、⑥「タ」の基本形、②-⑤変形
(a) 文字の変形



(b) 左方向の輪郭

Fig. 3 Variation of Handprinted Character

⑤は手書きによる文字の変形を示している。②および
⑥は、基本図形に近い変形を、③および④は、どちら
とも分からない変形である。

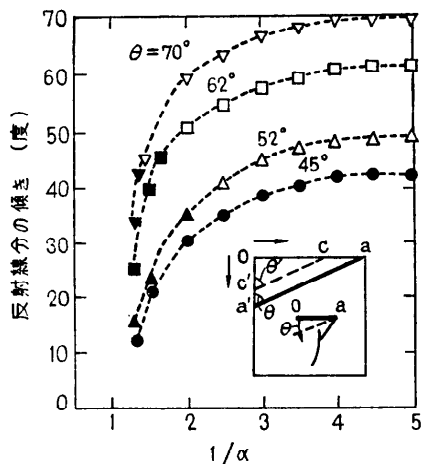
両者の相違を左方向の輪郭にみたのが、図中(b)で
ある。つまり、文字を構成する上部横線分が、水平か
斜きをもっているかによって両者の輪郭上のちがいが
検出され、水平あるいは緩急な斜きならば「ア」、急
激な斜きならば「タ」とみることができ。それ故、
安定な特徴としては、「ア」では、上部は横線のみ、
「タ」は斜線のみが抽出されることである。一般には、
両者の線分の微妙な傾きの抽出が、かなりむずかしい。
それは、比較すべき両端の安定な位置を求めづら
いからである。

本反射法では、この両端の位置を、反射線分の両端
の位置として捕えるだけで抽出される。しかも、反射
線分の構成要素である反射点の抽出に、正規化パラメ
ータ α を含んでいるため、反射線分の生成そのもの
が、手書きによる文字の変形を吸収していることにな
る。つまり、反射線分が存在すれば、反射点が連続性
を持っており、かなり急激な傾斜をもった文字線を意
味し、存在しなければ、反射点が不連続であり、文字
線の傾斜がないことを意味する。

Fig. 4 (次頁参照) は、文字線の傾き θ を、図のよ
うに四辺形枠を基準にして、 $45^\circ \sim 70^\circ$ に変形させたと
き、左方向の反射線分に関して、 α をパラメータとし、
その存在の有無および得られる反射線分の角度 θ'
を計算した例である。ただし、 θ' は次式で定義し、反
射点の連続性は上3メッシュ、下3メッシュにとって
ある。

$$\theta' = \tan(c/c')$$

$$c = a - a/\alpha$$



$\overline{a a'}$ は入力文字の線分の上下端位置
 $\overline{c c'}$ は抽出される反射線分の上下端位置
 座標は矢印方向に示し $a c$ は横, $a' c'$ は縦

Fig. 4 Limit of Reflection Segment Extracted

図中、黒印は反射線分が生成され、白印は生成されないことを意味する。

この図から、文字を構成する文字線の傾きに関し、 α の値によって、手書きされた変形の吸収度が明らかになる。例えば、 $1/\alpha=2$ のとき、 $\theta=52^\circ$ の線分は反射線分が生成され、かつ、その傾きは 34° として抽出される。また、 $\theta=70^\circ$ の線分は反射線分が生成されず、傾きのない水平な横線として抽出される。これを Fig. 3 に適用させると、上部横線の傾き変形が 52° 以下であれば「タ」、それ以上であれば「ア」と判断することができる。

このように、類似度の高い文字群に対し、人間が文字をみて、どこまで文字変形を許容するかを考えることで、 α を決定することが可能である。

筆者らは、データバンクによる実データ¹¹⁾の解析結果をもとに、手書きによる傾斜の限界（水平であるべき文字線の変形）を 50° とし、 α を $1/2$ に設定している。なお、反射点による反射線分生成の連続性は、入力文字の文字幅とっている。

2.4 特異線分

本線分は、文字を形づくる白い領域を捕えるものである。

文字を形づくる白い領域は、大域的には、面積およびループ系や凹状態などを示す白領域のもつ意味として表現され、局所的には、位置および傾きとして表現

できるが、一般に白い領域に注目した特徴の抽出では、後者が困難とされている。

本反射法では、前述のように文字を形づくる白い領域を、文字を外接四辺形からみたときの文字線と文字線に囲まれた部分とみなすことになる。それ故、白い領域の抽出は、四辺形の一辺から発した波を、文字線と文字線の間形成するだけで行うことができる。つまり、前節の反射点を生成させるときの出発点を、最初におつかる黒点 (Fig. 2 中 a') におかえるだけで良いことになる。このときに、文字線と文字線の間生成される線分を特異線分と呼んでいる。

この一方向の線分をもとに、両端の位置、傾きなど局所の特徴を、また、特異線分と文字線間の白領域のメッシュ数を捕えることにより面など大域の特徴を抽出することができる。

各線分のもつ意味は次節に述べる。

2.5 特徴の合成

本節では、反射線分および特異線分のもつ「性質」を定義づけ、これらの合成によって、文字が大域的には、基本図形の組み合わせで記述できることを示し、かつ、局所的な特徴を加えて、安定な特徴系列を作ることを示す。

Fig. 5 (1) は英字「T」に対して形成される反射線分を示す。線分 $\overline{aa'}$, $\overline{bb'}$ は水平方向 (左→右) の走査より得られ、 $\overline{cc'}$, $\overline{dd'}$ は垂直方向 (上→下) の走査より得られるものである。

(2) は英字「R」に対して形成される特異線分を示す。線分 $\overline{aa'}$, $\overline{bb'}$ は水平方向、 $\overline{cc'}$, $\overline{dd'}$ は垂直方向の走査より得られるものである。

形成される各線分に対して、線分の「性質」は次のように定義づけることができる。

線分の両端 (走査方向に沿って表われる順に、先端、後端とする) の状態により、文字線と連結する場合を“CLOSE”, 文字線以外の白い領域と連結す

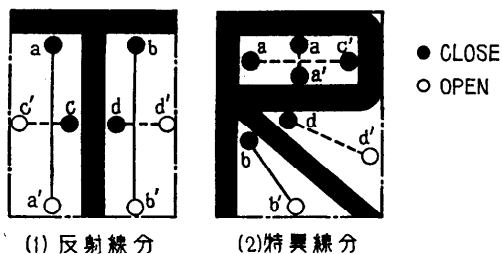


Fig. 5 Example of Reflection and Particular Segments

る場合を“OPEN”とすると、

- ① C—C (両端ともに CLOSE)
- ② O—O (両端ともに OPEN)
- ③ C—O (先端 CLOSE, 後端 OPEN)
- ④ O—C (先端 OPEN, 後端 CLOSE)

上図では、「T」は水平方向に C—O を2つ、垂直方向に O—C, C—O を1つずつもつ特徴が得られ、「T」は水平方向に C—C, C—O を1つずつ、垂直方向に C—C, C—O を1つずつもつ特徴が得られる。これらの定義づけから、反射線分および特異線分を用いて、文字の構造が図形的に近似される。

2.5.1 反射線分による近似

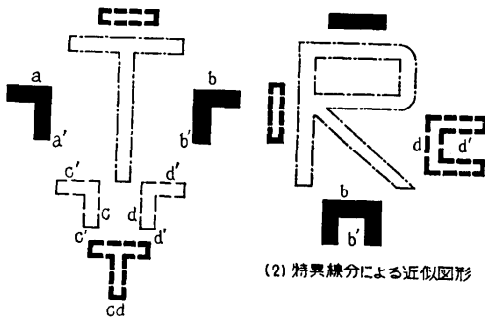
Fig. 6 (1) は「T」を上下左右からみた近似例である。上からみると、反射線分がないので、水平な文字線が存在し、 — で表現される。左からみると、水平方向の C—O が形成されており、 ┌ で表現される。右からみると、水平方向の C—O が形成されており、 ┐ で表現される。下からみると、垂直方向の O—C, C—O が形成されており、各々、 └ , ┘ で表現されるが、 T に合成される。

従って、「T」は、上下左右の順に、 [—T—] で表現される図形となる。

このように、手書きによる変形を吸収する反射線分は、水平方向の走査によって左右の輪郭を、また、垂直方向の走査によって上下の輪郭を表現でき、文字本来のもつ基本図形に近似されることになる。

2.5.2 特異線分による輪郭近似

Fig. 6 (2) は「R」を上下左右からみた近似例である。特異線分は文字線間の白い領域を表現するが、この場合、四辺形の1辺からみえる部分(2方向の文字線に囲まれる領域)は、文字の輪郭上の凹状態を示



(1) 反射線分による近似図形

(2) 特異線分による近似図形

Fig. 6 Approximate Figure of Reflection and Particular Segments

す。また、四辺形の1辺からみえない部分(4方向の文字線に囲まれる領域)も存在するが、これらについては、次節で示し、ここでは輪郭の近似について述べる。

「R」を上および左からみると、特異線分がないので、 — で表現される。下からみると、垂直方向の C—O が形成されており、 ┐ で表現される。右からみると、水平方向の C—O が形成されており、 ┌ で表現される。従って「R」は、上下左右の順に、 [—┐┌—] で表現される図形となる。

このように、特異線分は、水平方向の走査によって左右の輪郭を、また、垂直方向の走査によって上下の輪郭の一部分を近似することになる。

2.5.3 凹近似および凸近似

上記までに述べたように、文字の輪郭は、反射線分および特異線分の「性質」を定義づけることで、上下左右の4方向からみた各々4つの基本図形によって近似される。

反射線分の形成は、文字枠と文字線間で行われるから、各文字線の突起状態を安定に近似していることにほかならず、大域的に、反射線分による図形を“凸近似”と定義づけることができる。

他方、特異線分の形成は、文字線間で行われ、それを文字枠からとらえている場合、文字線のへこみ状態を安定に近似していることにほかならず、大域的に、特異線分による図形を“凹近似”と定義づけることができる。従って、反射線分、特異線の抽出により、文字の大域的な輪郭特徴は、4方向からみた“凹近似”“凸近似”をもって8個の基本図形によって表現できることになる¹²⁾。

Fig. 7 (次頁参照) は、カタカナ「カ」の基本図形を示す。

(1)は特徴抽出された反射線分、特異線分および4方向からみた近似図形を示しており、 — は水平方向、 ┌ は垂直方向による線分を意味する。

(2)は4方向からみた図形の“凹近似”“凸近似”および、次項で述べられる局所的な特徴を含ませたときの合成図形を示す。

2.5.4 局所の特徴

本反射法における局所の特徴は、生成された反射線分、特異線分を個別にみることで抽出される。つまり、文字を4方向すべてからみた状態として、線分が抽出される意味において、これらの線分は、局所的な特徴の集合体である。しかも、各々の線分が細線化さ

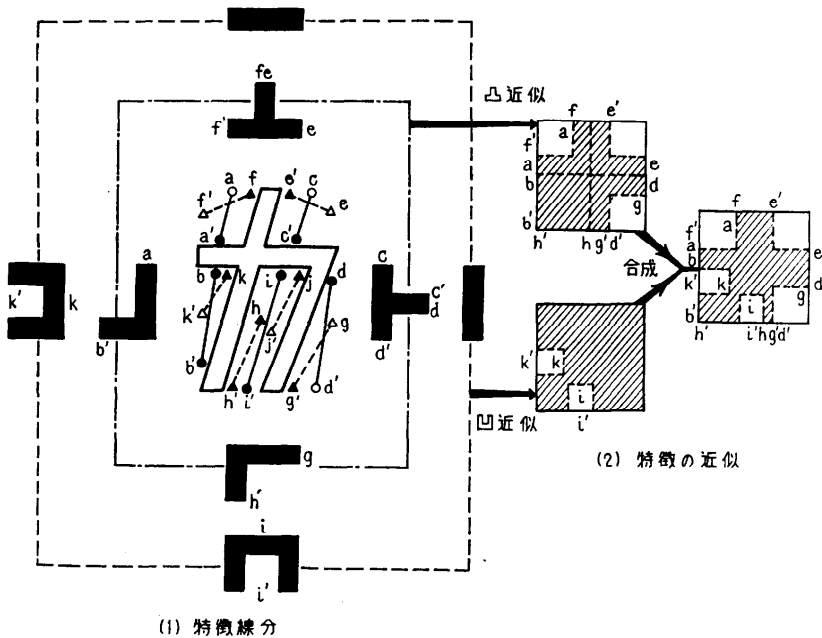


Fig. 7 Composition of Feature

れた形で一方方向の連続性を保っているため、その特徴抽出は、 $n \times m$ のマスク走査で簡単になされる。

ここで得られる局所特徴の例は以下の如くである。

- ① 文字の輪郭抽出に寄与しない領域の性質
- ② 特異線分, 反射線分の個数
- ③ 特異線分, 反射線分の両端位置
- ④ 反射線分の性質
- ⑤ 反射線分間の位置における上下左右などを示す相互関係
- ⑥ 特異線分, 反射線分の抽出順序
- ⑦ 特異線分と反射線分の上下左右などを示す相互関係

①は、特殊な形状を有するもので、前節の定義①②に相当するが、これは、C-C, O-O がそのまま、「ホール」、「両開」として意味づけされる。「ホール」の例には、「0, 6, ロ, A, B, ...」などがあり、「両開」の例には、「O, シ, ツ, テ, ニ, ...」などがある。これらの字種は、他の字種にくらべて、特殊なため、識別は簡単である¹³⁾。

Fig. 8 は、カタカナ「ケ」の局所特徴の例を、左反射線分で示すもので、①~⑦は上記の番号に相当する。図中、③の両端の位置は、ハードウェア実現の

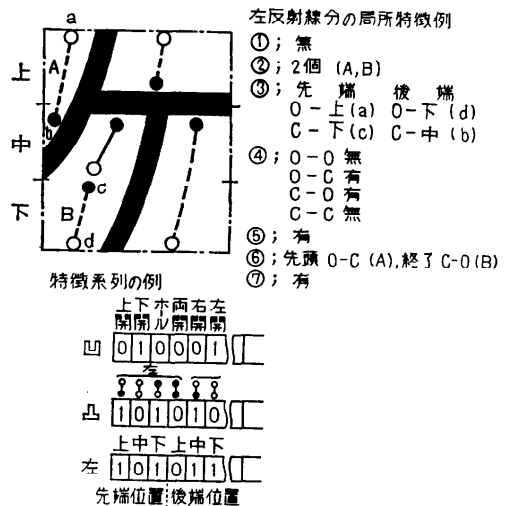


Fig. 8 Example of Local Features

容易さを考えて、上中下の三分で表わし、反射線分の上端 a および c はそれぞれ「OPEN」が上」「CLOSE」が下、後端 b および d は「CLOSE」が中」「OPEN」が下」で表現される。

④は線分 A, B の各性質の有無が示され「O-C」が有」「C-O」が有」で表現される。

Table 1 Recognition Result

カテゴリー	総数	正読	誤読	リジェクト	認識率 %
全手書	41,665	37,915	1,750	2,000	91.0
英数字	17,850	17,707	43	100	99.2
カタカナ	23,815	22,410	347	1,058	94.1

⑥は A 線分の下端と B 線分の上下位置関係の大小を示し、b ~ c間の位置が大きいため「有」で表現される。

2.6 識別

本方式による識別は、大域的な凹近似を第一の階層にし、残りは標準マスクと照合の二階層で行っている。これは、高速化に対処するため多層にできないからである。標準マスクは、自動的に作製されるが、凸近似、特異線分の局所特徴、反射線分の局所特徴の順番に重みづけられた特徴系列のコードからなっており、照合の際には、Don't care マスクが用いられる。なお、Fig. 8 にその特徴コードの例をのせてある。

シミュレーション結果を示したのが Table 1 である。

入力データはデータバンクの実データから、横 30 メッシュ、縦 30 メッシュ以上のものを取り出してある。Table 1 には本方式を用いた、英数字、カタカナの認識結果をも示してある。なお、本入力データ中、数字「0」と英字「O」は同一記号として扱っている。

全手書き文字の場合、他の字種にくらべて誤読の占める割合が高いのは、リジェクトに対する安全領域の決定が容易でないことによるもので、特に、「ク」「ワ」「7」の群、「B」「8」の群、「O」「D」「ロ」の群、「タ」「ア」「9」の群などにその傾向が顕著であった。これらの各群に対し、完全な自由手書きによる識別は、ほとんど不可能で、筆者らが使用したデータでも、誤読あるいはリジェクトの文字は人間がみてもどちらとも判別がつかないものが多く、実用に対する書き方制限はやむをえないことと考えている。

3. ハードウェアの構成

本認識方式により構成したハードウェアのシステムを示したのが Fig. 9 である。

認識装置は文字を光電変換する観測部、観測部より取り出された入力映像信号をもとに認識を行う認識部および、これらを制御する制御部

により構成される。高速性をねらうため、観測部では一方向の走査を行い、ここで出力される映像信号は 0, 1 の 2 値とさせている。さらに、文字図形に対する前処理回路では、孤立点の除去、スムージング程度の処理が行われる。この処理を行った後、位置決め回路により座標原点の測定および文字の外接四辺形の大きさが測定される。その後、映像信号はそれぞれ水平特徴抽出回路、垂直特徴抽出回路、補助特徴抽出回路で並列に特徴抽出されるが、これらの抽出回路には、特徴が決定論理の開始時点で同時に得られるように、バッファメモリおよび遅延回路が含まれている。

決定論理回路は、抽出された特徴とあらかじめ用意されている標準パターンとのマッチングを行い、該当するカテゴリーの文字コードを制御部に出力して認識が完了する。

本ハードウェアシステムは、現在、試作中であり、前節の誤読、リジェクトの生じ易い群に、何らかの制限を加えた形で実用化することを考えている。

4. まとめ

ここに示した認識方式は、文字を外接四辺形からみて、文字を形づくる文字線の輪郭および文字を形づくる白い領域の特徴を、正規化パラメータを用いて、安定な 2 種類の線分として抽出していることに特色がある。

一つは 2.3 で述べられた反射線分、他は 2.4 で述べられた特異線分である。

これらは、2.5 で述べたような「性質」の定義づけによって、大域的に安定な特徴に合成され、さらに、特徴が線分で表現されているため、各線分の存在している位置および角度などの局所の特徴をも捕えることが容易となっている。このために、これまで実現されていなかった字種の増大する数字、英字、カタカナすべてを含んだ全手書き文字の認識に対し、大域的な凹

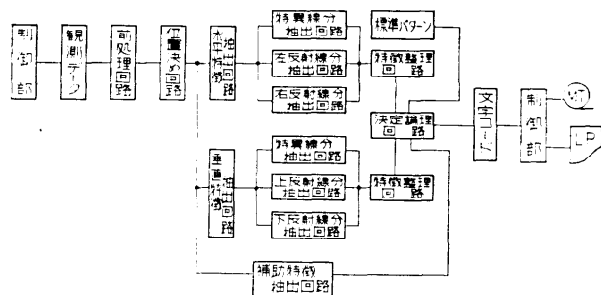


Fig. 9 System Organization

近似による区分と、各線分の局所の特徴による区分による分類で識別が可能となった。

さらに、本方式の特徴抽出が、一方向走査をもって行われているため、Fig. 9 でみられるように、ハードウェアへの変換が容易であり、全手書き文字を対象とした高速度 OCR の実現が可能となった。

謝辞 本研究は、通産省の大型プロジェクト「パターン情報処理システムの研究開発」の一部、手書き文字認識の一環として行ったものである。日頃御指導いただく富士通研究所電子研究部宮川部長、徳永部長代理ならびに関係各位に深謝する。

参考文献

- 1) Glucksman H. A.: A Parapropagation Pattern Classifier, IEEE Trans., EC-14, 3, pp. 434~443 (June 1965).
- 2) Munson J.H.: Experiments in the Recognition of Hard-Printed Text, Proc. FJCC, pp. 1125~1138 (1968).
- 3) 森, 森, 岡, 山本: 場の効果法, 信学会研資, PRL 73-17 (1973).

- 4) 森: 場の効果法による特徴抽出, 信学論 (D) 57-D, 5 (1974).
- 5) D. Rutovitz: Pattern Recognition, J. Royal Statist. Soc., Vol. 129, Series A, (1966).
- 6) A. Rosenfeld, L.S. Davis: A note on thinning, Compt. Sci. Center, Univ. Maryland, Tech.Rep., TR-381 (May 1975).
- 7) 田村: 図形の細線化についての比較研究, 情処会 IP 研資 (昭 50).
- 8) 増田: 幾何学的特徴に着目した手書き片仮名文字の機械認識, 信学論 55-D, 10,
- 9) 吉田, 岩田, 山本: 書きカタカナおよび数字認識, 信学会研資, PRL 75-12.
- 10) 吉田, 岩田, 山本: 手書きカタカナ 48 文字の認識, 信学会研資, PRL 75-9.
- 11) 電総研, 富士通: 手書き文字データ・バンク外部仕様書.
- 12) 吉田, 岩田, 山本, 榎井: 全手書き文字の認識, 信学会研資, PRL 75-37.
- 13) 吉田, 岩田, 山本: 手書きアルファベットおよび数字認識, 信学会研資, PRL 75-30.
(昭和 51 年 2 月 24 日受付)
(昭和 51 年 4 月 14 日再受付)