

極点の出現順序による手書き数字の分類*

加藤清史**

Abstract

A method of classifying handwritten numerals is presented. Horizontal extremal points such as convexities to left (left ends, coded Q), concavities from right (branches, coded W), convexities to right (right ends, coded R), and concavities from left (unions, coded U) are detected in the way of vertical scanning with two detector cells, by the aid of sequential circuit.

The sequences of appearance of these extremal points in some samples of handwritten numerals are studied. Based on this analysis, a classification tree is derived.

Simulations of a handwritten numeral reader system by this method revealed capabilities and limitations of this method.

1. まえがき

文字読取の問題は、理論的には人工知能問題の一分野として、実用的には計算機の入力装置をはじめとするマン・マシン・インターフェイスとして各方面から接近されている領域である。

筆者は、図形の最も基本的な特徴点としての極点を利用する図形処理を研究しているが、その一応用として、左右方向への極点、すなわち左端、右端、左に凹および右に凹という4種の点の出現順序から、手書き数字の識別を行う手法を開発した。標準的な字体と、変異字体のかんりの部分を含めた手書き数字がこの方法で識別できることをシミュレーションで確認した。この方法は、きわめて簡単なハードウェアで実現可能であり、端末的用途にも応用可能である。

2. 原理

2.1 分類の木

手書き数字の標準的字体と、変異字体の数例を Fig. 1 に示す。図中、Q は左端、R は右



Fig. 1 Some Samples of Handwritten Numerals and Extremal points

* Handwritten Numeral Classification by Extremal Point Method by Kiyoshi KATO (Dept. of Computer Science, Fac. of Eng., Kyushu Institute of Technology)

** 九州工業大学工学部情報工学科

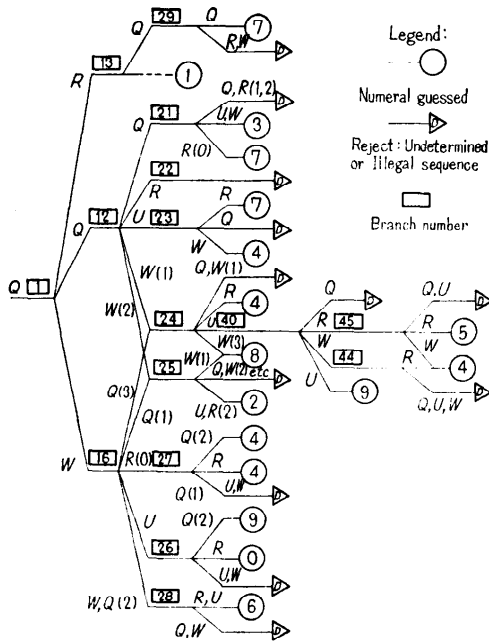


Fig. 2 Classification Tree by the Sequence of Extremal point Detection

端, U は左に凹 (または合流), W は右に凹 (または分岐) を意味する記号である。また, \circ 内の数字は字体につけた符号で, 上位が数字そのものを意味し, 下位は0を標準字体に割当て, 他は任意に付けた番号である。字体サンプルの右には, 左方から右方へ見て行くときの特徴点の出現順序の例を示してある。この順序は, 書き手による字の太さや傾斜などの変異によって若干変動するので, 変動し易い順序を()でまとめている。たとえば, $Q(QW)$ とあるのは, QQW または QWQ のいずれの順序も起り得ることを示す。この極点の出現順序のみによって数字を分類することはできない。たとえば, ㉔と㉕ではこの順序が全く一致することがある。このことを解決するため, 極点が上から何番目の部分図形で起ったかという情報(後述の同定番号)を補助的に用いる。

上の例でいえば, QQ の次の W が上側の部分図形で起ったのであれば㉕の可能性があり, 下側の部分図形で起れば㉔の可能性が有る。これらの事情を考慮して, 標準的字体と主要な変異字体について数字を分類する分類の木を描くと Fig. 2 になる*。場所の節約のため, 同じ結果となる枝はまとめてある。極点の出

* 同定番号による区別の必要な所には極点を表す記号の後に()内に同定番号を添えてある。

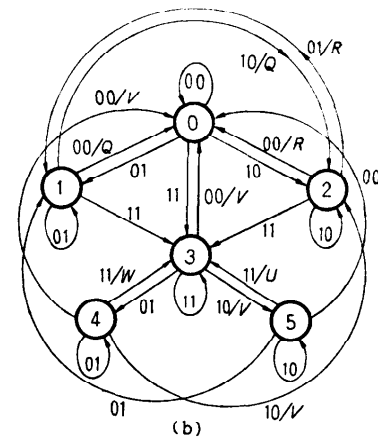
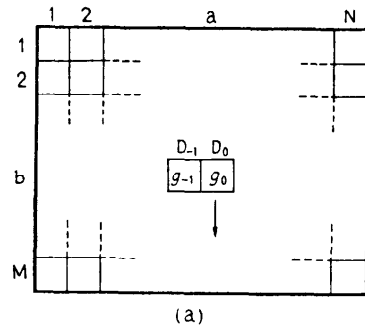


Fig. 3 Extremal point Detector: (a) Scanning with Two Detector Cells, (b) State-diagram of Sequential Circuit

現を最後まで見届けずに決定している部分がある。また, 数字以外の図形をある数字と分類する危険も残っている。

2.2 極点と下線の検出

以下では, 視野を $M \times N$ のセルに分割し, 各セルの濃度を1ビットに量子化した図形, すなわちバイナリー・パターンを取り扱う。このような図形について極点を検出するためには空間的な差分操作を伴う。すなわち, 左右方向の極点の検出には左右の比較が必要となるので, Fig. 3 (a) の D_0, D_{-1} のように検出セルを2個並べたもので視野を垂直方向を先に列を追って走査する。検出セルの出力を $(g-1g_0)$ と表すとき, 白地

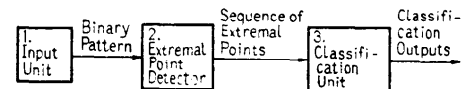


Fig. 4 Block-diagram of Simulated Handwritten Numeral Reader System.

の部分だけを走査していれば(00)が続く。図形が始めて走査に出会うと(01)が現れる。検出セルの出力の順序から左右方向の4種の極点と下縁(後述の同定番号の計数に必要であり、記号 V で表す)とを検出する順序論理回路の状態線図を Fig. 3 (b) に示す。

2.3 同定番号

左右に連る部分図形が、上から何番目にあたるかを示す番号を同定番号と名付け、記号 h で表す。h は各列の走査の初めに0にリセットされ、Q および V の検出毎に1を加えられる。

3. 数字読取りのシミュレーション

3.1 シミュレーション・プログラム

シミュレーション・プログラムは、Fig. 4 (前頁参照) のブロック線図の各部に分けて作成した。

3.2 シミュレーションの入力

手書き数字の拡大モデルとして 140 mm × 140 mm の枠の中に肉太の数字を描き、これに 5 mm, 7 mm などの方眼を重ねて数字図形上にある格子点を1, 他

の格子点を0とするバイナリー・パターンとし、これをカードにパンチしてデジタル計算機へ入力した。

この方法では独立した1字ずつを入力することになる。計算機内では、視野を 32 × 32 に分割したものを処理の対象としている。

3.3 シミュレーションの出力

分類部の出力は(a)入力のパターンがどの数字に分類されたか、または拒否されたかを示す1字でよいのであるが、参考のため(b)入力パターン、(c)抽出特徴点の位置、(d)検出した極点(およびその時の同定番号)の順序を併せてラインプリンタに出力した。

3.4 シミュレーションの結果

シミュレーションは、字体を各数字2~5種、傾斜を3種、方眼間隔を5 mm と7 mm とする代表的な組合せについて行った。出力の例を Fig. 5 に示す。5 mm 方眼の場合についての成績をまとめると、96 種の入力に対して正読 76, 誤読 15, 拒否 5 で、単純正読率 80% が得られた。実際の読取装置では標準的な字体および傾斜の出現率が高いことを考慮すれば、実

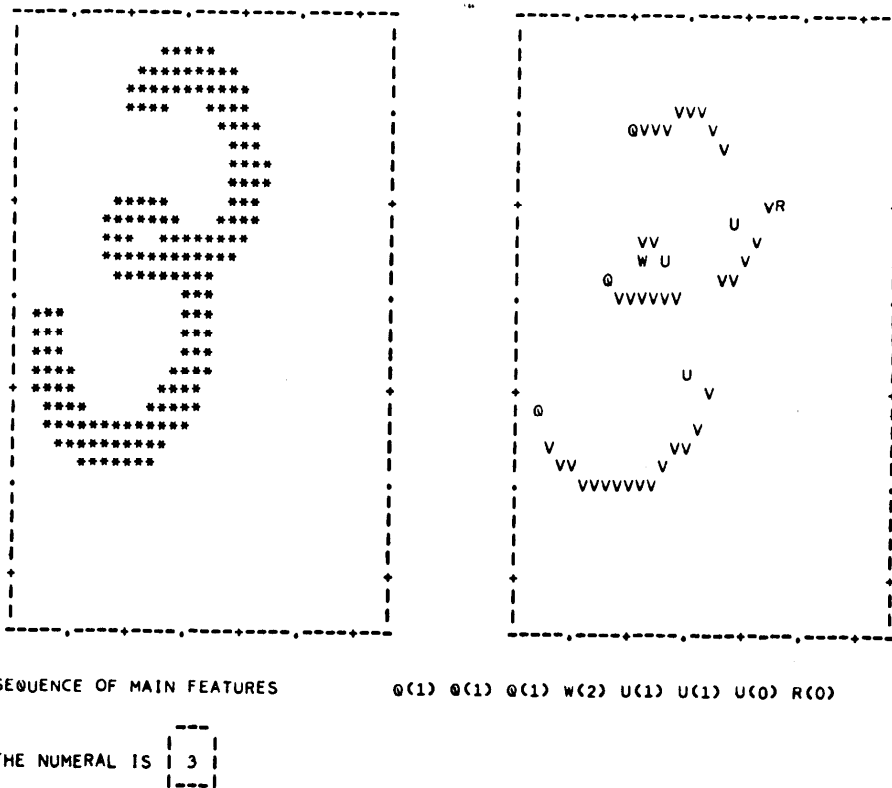


Fig. 5 An Example of Simulation output

用的な正読率はこの値よりかなり高くなると見てよい。

4. むすび

この方法では、極点の出現順序に着目して分類を行っているので、極点の出現順序が異なる字体については分類の木を拡大することによって単純正読率を更に向上させることができる。極点出現順序の同じ字体、たとえば Fig. 1 の字体㊶と㊷または㊸、あるいは㊹と

㊺、㊻と㊼などを区別するには、角度や長さの比などの量的な情報を用いて第二段階の細目分類をすればよい。

字体にある程度の（たとえば IBM 1287/1288, 日立 H-8965 等で採用されている）制限を設ければ、Fig. 2 よりずっと簡単な分類の木で十分の正読率を得ることができる。

(昭和50年2月10日受付)

(昭和50年4月21日再受付)