

## オフライン手書き文字における自己相似性特徴の抽出と認識手法の提案\*

篠沢 佳久†

慶應義塾大学 理工学部 管理工学科‡

## 1. はじめに

本研究においては文字の局所的な構造を解析し、認識に役立てる手法として、文字画像の持つ自己相似性という性質に焦点を当てる。文字画像を構成する一領域を局所的にみると、他の領域と相似している部分もある。複雑な漢字でも局所的な線に限定すれば、線と線との間に相似性を見つけたすこともでき、その自己相似性という特徴は文字固有の特徴である場合もある。

そこで本研究においては画像における自己相似性特徴を表現するのに有効なフラクタル幾何学の局所的な領域間の相似関係を利用することによって、文字画像から自己相似性特徴を抽出し、フラクタル不変定理[1]に基づいて認識を行なう方法を提案する。

## 2. 自己相似性特徴の抽出

本研究においてはフラクタル幾何学における画像内の局所領域間の相似関係を用いて文字画像から局所的な自己相似性特徴を抽出する。二値の文字画像からの自己相似性特徴の抽出方法は以下の通りである[2]。

まず画素数  $X \times Y$  の文字画像  $I$  を一辺の大きさが  $r$  の正方形  $R_i$  ( $i = 0, 1, \dots, M$ ) に重ならないように  $M$  個に分割する ( $M = X/r \times Y/r$ )。この正方形  $R_i$  をレンジブロックと呼ぶ。次にこのレンジブロックに対して  $A$  倍の拡大および  $\theta$  度の回転 (アフィン変換) を施した図形  $R'_i$  を考え、この図形  $R'_i$  と最も類似しているブロック  $D_j$  を文字画像  $I$  の中から探し出す。このブロック  $D_j$  をドメインブロックと呼ぶ。各レンジブロックに対して最も相似関係にあるドメインブロックを対応づける。そして各ドメインブロック  $D_j$  と対応するレンジブロック  $R_i$  への変換  $F_i$  (拡大率  $A'$ , 回転角  $\theta'$ , ドメインブロックの左上の座標  $d_i$ ) を求め、このアフィン変換の集合  $F = (F_1, F_2, \dots, F_n)$  を文字画像  $I$  の自己相似性特徴として利用する。

このように任意の画像  $I_j$  が与えられた時、上記で述べたアフィン変換の集合  $F_j = (F_{j1}, F_{j2}, \dots, F_{jM})$  をあらかじめ求めておく。そして画像  $I_j$  のレンジブロック  $R_{ji}$  を抽出しておいた自己相似性特徴  $F_j$  に指定されているドメインブロック  $D_{ji}$  からアフィン変換を行ない復元する。  $M$  個のレンジブロックを同様に復元し合成すると、元の画像  $I_j$  を得ることができる。一方で画像  $I_k$  ( $k \neq j$ ) に対して画像  $I_j$  の自己相似性特徴  $F_j$  を利用し、同様に復元しても元の画像  $I_k$  を得ることはできない (フラクタル不変定理[1])。

\*The offline handwritten character recognition by self-similarity

† Yoshihisa SHINOZAWA

‡ Faculty of Science and Technology, Keio University

## 3. 自己相似性特徴を利用した認識

2章で述べた自己相似性特徴の性質を利用した文字画像の認識方法は以下の通りである (図1)。

文字種  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) の画像から自己相似性特徴を抽出する。画素数  $X \times Y$  の二値画像に対して、一辺の大きさを  $r$  の正方形の領域に区切り、レンジブロックの大きさを  $r \times r$  と固定する。各レンジブロックに対してアフィン変換に制約を設けた上で、最も類似しているドメインブロックを検索する。抽出される特徴数は  $M = (X/r) \times (Y/r)$  個である。レンジブロックとドメインブロックの類似性についてはユークリッド距離を用いて求める。認識対象 ( $N$  個) となる全ての文字画像についてそれぞれの自己相似性特徴  $F_i$  を求め、データベースに保存する。

未知の文字画像  $U$  を認識する場合は、データベース中の自己相似性特徴  $F_j$  によって文字画像  $U$  を変換し、新たな画像  $U'_j$  を生成する。すなわち自己相似性特徴  $F_j$  中にパラメータ化されている値を用いてそれぞれのレンジブロック  $R_{ji}$  を対応するドメインブロック  $D_{ji}$  から復元する。そして  $M$  個のレンジブロックを復元した後、一つの画像として合成する。変換は文字種分の  $N$  回を別々に行なう。

次に変換前の画像  $U$  と  $N$  個の変換後の画像  $U'_j$  とを比較し、その差が最も小さくなる変換を施した自己相似性特徴  $F_k$  を求め、文字種  $k$  を認識結果とする。

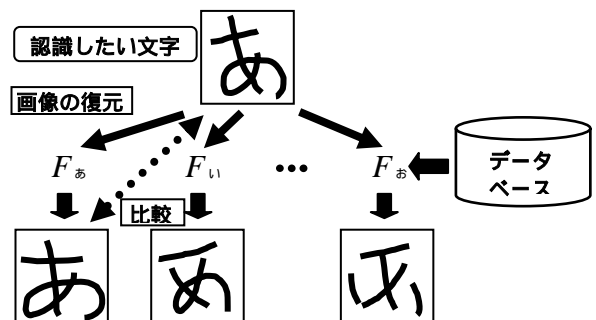


図1 自己相似性特徴を利用した認識

## 4. 問題点と改良

オフライン手書き文字に上記で述べた特徴抽出及び認識方法を適用した場合、以下のような問題点が生じる[3]。

## (1) 同字種での自己相似性特徴抽出における問題

手書き文字は書き手によって異なるため、書き手が異なる場合、ずれなどのため同字種の文字においても特定のレンジブロックに対して異なったドメインブロックが対応づけられてしまい、一意に特徴を抽出できない。

## (2) 文字固有の特徴の抽出としての問題

異なった字種の文字において、任意のレンジブロックと対応するドメインブロックが一致してしまうこともある。この場合、画像復元時において、正解でない文字の自己相似性特徴を利用して正しくドメインブロックからレンジブロックに復元されてしまう。

## (3) 画像復元の際の問題

画像を復元する際、認識対象の文字画像と自己相似性特徴を抽出するために利用した文字画像との間にも、問題点(1)と同様に、同字種であってもずれやが生じる。そのため正解である文字種の自己相似性特徴を利用してドメインブロックからレンジブロックを復元できない。

これらの問題点はレンジブロックを固定しているため、書き手によってその領域に書かれる部品にずれが生じるためであり、下記の改善方法によって改良を試みる。

## ● 自己相似性特徴の抽出方法の改善

問題点(1)(2)を解決するためには、任意のレンジブロックに対応するドメインブロックを抽出する場合、同字種とは相似性が高く、異なった文字種とは相似性が低いブロックをドメインブロックとして抽出する必要がある。そこで一字種につき  $P$  個の学習文字パターンを利用し、同字種における相似性の傾向を調べる。

文字種  $j$  において、大きさ  $r$  のレンジブロック  $R_{ji}$  にアフィン変換を施した図形  $R'_{ji}$  と座標  $(x,y)$  における  $A_r \times A_r$  の大きさのブロックとの距離  $d_{ji}(x,y)$  を全座標で求める。そして文字種  $j$  内での相似性を調べるために、 $P$  個の学習文字パターンを利用し、各座標で距離の総和を求める。

$$\sum_{p=1}^P d_{jpi}(x,y) \rightarrow \min \quad (1)$$

そして距離の総和の式(1)を最小にする座標  $(x,y)$  のブロックをドメインブロック  $D_j$  として一意に決定する。

さらに問題点(2)を解決するため、任意のレンジブロックに対応するドメインブロックを決定する際、その変換が他の文字パターンの同座標のレンジブロックにとっても最適な変換にならないようにしなければならない。そのため、他の文字種との相似性も考慮した式(2)を用いて自己相似性特徴を抽出する(予備実験より  $\alpha=1.5$ )。

$$\alpha \times N \times \sum_{p=1}^P d_{jpi}(x,y) - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^N \sum_{p=1}^P d_{kpi}(x,y) \rightarrow \min \quad (2)$$

## ● 画像復元方法の改善

各レンジブロックをドメインブロックから復元する場合、ずれを考慮し、自己相似性特徴中で指定されたドメインブロックの左上の座標  $(x,y)$  を中心に、その近傍付近に復元すべきブロックが存在するものと仮定する。そこでその周辺の領域  $((x-c,y-c), \dots, (x+c,y+c))$  の中で、最もレンジブロックと類似しているブロックで復元を行なう。

## 5. 認識実験

認識実験のため文字パターンについては産業技術総合研究所提供の ETL8B の 956 文字を利用した。学習文字パ

ターンとして一字種につき最初の 120 セットから自己相似性特徴を抽出し、未学習文字パターンとして次の 40 セットを認識対象とした。実験条件は下記の通りである。

- 前処理として  $64 \times 63$  の二値の文字画像に対し、太線化及び非線形正規化処理を施し  $72 \times 72$  の大きさにした。
- ドメインブロックはレンジブロックの大きさの 2 倍と固定し、回転角を考慮せず恒等写像のみとし、レンジブロックの大きさを変化させ自己相似性特徴を抽出した。
- 画像復元後の二つの文字画像の比較にはユークリッド距離を用いた。

上記の条件の下、式(1)(2)によって自己相似性特徴を抽出し認識を行なった結果(表1)、レンジブロックの大きさを変え、特徴を抽出し認識を行なった結果(表2)、復元の際、近傍のパラメータ  $c$  を変化させ認識を行なった結果(表3)を示す(表1及び表3はレンジブロックの大きさを  $6 \times 6$  と固定し、認識した結果である)。

表 1 自己相似性特徴の抽出方法の結果

特徴の抽出方法	認識率(%)
式(1)による抽出方法	81.17%
式(2)による抽出方法	92.07%

表 2 レンジブロックの大きさを変えた時の結果

レンジブロックの大きさ	特徴量	認識率(%)
$6 \times 6$	144	92.07%
$6 \times 3$	288	93.02%
$3 \times 6$	288	93.06%
$4 \times 4$	324	93.45%
$3 \times 3$	576	93.55%

表 3 近傍を候補として復元した時の結果

近傍値	認識率(%)
$c=0$	92.07%
$c=1$	92.74%
$c=2$	93.10%

## 6. まとめ

本研究においてはオフライン手書き文字画像からの自己相似性特徴の抽出及び認識手法を提案した。今後は特徴の抽出方法の改良を行ない、認識率の向上を図ると同時に計算量の削減を試みる予定である。

## 参考文献

- [1] G.Neil, K.Curtris: Shape recognition using fractal geometry, Pattern Recognition, Vol. 30, No.12, pp.1957-1969 (1997).
- [2] 篠沢佳久, 大駒誠一: フラクタル幾何学を用いたオフライン手書き文字認識, 情報処理学会第 62 回全国大会, Vol2-245 (2001).
- [3] 篠沢佳久: 自己相似性を利用したオフライン手書き文字認識, 情報処理学会第 66 回全国大会, Vol2 pp.105-106 (2004).