

H-020

# 古文書文字認識システムにおけるサポートベクターマシンの適用に関する研究

## A Study on Japanese Historical Character Recognition using Support Vector Machine

加藤 聡<sup>1</sup>  
Satoru Kato

堀内 匡<sup>2</sup>  
Tadashi Horiuchi

### 1. はじめに

古文書の翻刻は歴史学研究において重要な基礎的作業であるが、翻刻作業の習熟には古文書読解の訓練が相当期間必要である。そこで本研究では、現代手書き文字の認識技術を用いて、古文書の読解を支援するようなシステムの開発を進めている。手書き文字認識にはさまざまな手法が存在するため、本システムの中核となる古文書文字認識器についても、いくつかの具体的な構成を考えることができる。

本稿では、2クラス識別問題において高い認識精度が得られるサポートベクターマシン(SVM)を、前述した古文書読解支援システムの認識器として用いることを検討し、SVMを古文書文字認識に適用した場合の認識精度について、マハラノビス距離を用いた最近傍識別法や、マルチテンプレート法との比較とともに報告する。

### 2. 古文書文字認識システムの構成

本研究で試作している読解支援システムを図1に示す。この試作システムでは、スキャナによって取り込まれた古文書画像に対して、ユーザが不明文字領域をマウスで選択することで、その文字に近いと思われる候補文字の集合が表示される。この読解支援システムにおける古文書文字認識器の基本的な構成は、従来の文字認識手法と同じく、文字画像の入力 前処理 特徴抽出 認識 結果の出力、という流れをとる(図2)。ここで、個々の文字画像の特徴量としては、文字画像を輪郭画像に変換した上で、方向線素特徴量[1]を抽出し、1つの文字画像を196次元の特徴ベクトルで表現している。

認識部に用いる具体的な手法については、さまざまなものを考えることができる。本研究では、これまでにマルチテンプレート法や、改良型マハラノビス距離[1]による最近傍識別法などを検討してきた[2]。

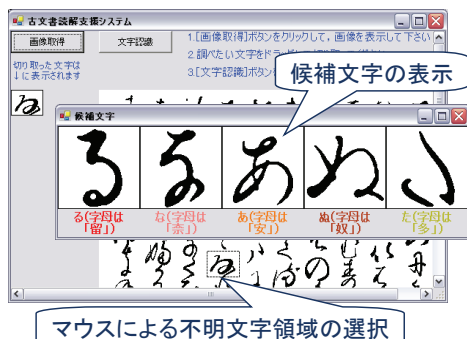


図 1: 試作の古文書読解支援システム

<sup>1</sup>松江工業高等専門学校 情報工学科

<sup>2</sup>松江工業高等専門学校 電子制御工学科

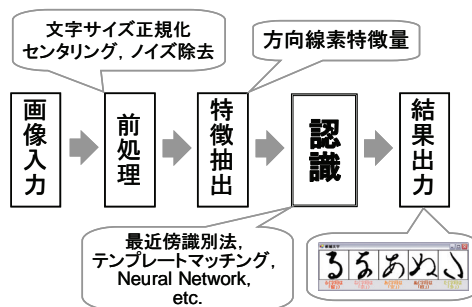


図 2: 認識システムの処理の流れ

### 3. サポートベクターマシン

SVMは、2クラスの分類問題を解くための識別器である。与えられた  $n$  個の学習データ  $x_i \in R^d$  とそのクラス  $y_i \in \{-1, 1\}$ , ( $i = 1, \dots, n$ ) を学習し、以下の識別関数を求める。

$$f(x) = \text{sgn}(w \cdot x + b) \quad (1)$$

ここで、 $w \in R^d$ ,  $b \in R$  であり、 $\cdot$  は内積を示す。また  $\text{sgn}()$  は符号関数であり、 $w \cdot x + b$  が識別面となる。SVMでは、識別面から各クラスのデータの端までの距離 ( $1/\|w\|$ ) をマージンと呼び、マージンを最大、すなわち  $\|w\|$  を最小とするように識別面が決める。サンプルが線形分離可能でない場合、この最小化問題は、誤識別を許容する度合いを表す変数  $\xi_i \geq 0$  ( $i = 1, \dots, n$ ) と、誤識別とマージン最大化の関係を調節するパラメータ  $C$  を導入し、以下のように定式化される。これはソフトマージン法と呼ばれる。

$$\min \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^n \xi_i \quad (2)$$

$$\text{subject to } y_i(w \cdot x_i + b) \geq 1 - \xi_i \quad (3)$$

非線形性の強い問題に対しては、 $x$  を非線形変換  $\phi(x)$  によって高次元の空間に写像し、線形分離可能な状態とすることで、最適な分離超平面を求めることができる。SVMでは、カーネル関数  $K(x, x')$  を使うことにより、高次元での複雑な内積計算を避ける方法(カーネルトリック)が用いられる。カーネル関数の代表例としては、以下に示す RBF カーネルや多項式カーネルなどがある。

$$K(x, x') = \exp(-\gamma \|x - x'\|) \quad (4)$$

$$K(x, x') = (\gamma x \cdot x' + r)^d \quad (5)$$

ここで、 $\gamma$ ,  $r$ ,  $d$  はカーネルのパラメータである。

なお、本研究ではSVMを多クラス識別問題に適用するにあたり、ペアワイズ(one-against-one)SVMのアプローチを用いた。これは、 $N$ クラス中の任意の2クラスの組み合わせ( $N(N-1)/2$ 通り)に対して、個別に2クラス識別のSVMを構成し、認識時にはこれらの識別器の投票によって識別クラスを決定するものであり、1対多(one-against-all)SVMと比較して学習にかかる計算量が少なく、未分類領域も小さいという利点がある。

#### 4. 認識性能の評価実験

##### 4.1 認識対象および実験方法

認識対象には、古文書翻刻支援システム開発(HCR)プロジェクト[3]が公開している古文書文字データベースHCD1およびHCD1a~1eに収録された文字セットから、図3に示したものを含む61字種の古文書文字データを使用した。これらの古文書文字データは、1字種あたり200個の文字サンプルが含まれているため、これらを学習用とテスト用にランダムに100個ずつ振り分け、2交差検証法により1セットの認識実験とした。

SVMの実装については、Changらが公開しているLIBSVMソフトウェアパッケージ[4]を使用し、カーネル関数としてはRBFカーネルもしくは多項式カーネルを用いた。また、SVMによる手法と比較するために、改良型マハラノビス距離による最近傍識別法、および各字種ごとに複数のテンプレートを自己組織化マップ[5]によって生成したマルチテンプレート法についても、同様の認識実験を行った[2]。

##### 4.2 実験結果および考察

表1は、SVM、改良型マハラノビス距離による最近傍識別法、マルチテンプレート法それぞれにおける認識精度を示している。括弧内の記述は、その認識精度が得られたときの、各手法における実行時のパラメータ設定である。SVMは、特にRBFカーネルを用いた場合に、マルチテンプレート法のような単純な手法と比較して高い認識精度が得られている。しかしながら、改良型マハラノビス距離による最近傍識別法と比較すると若干認識精度が劣っている。

一般的に、改良型マハラノビス距離は、特徴ベクトルの次元数増加による認識精度の低下を抑えられるという特長があり、これに対してRBFカーネルは、特徴ベクトルの次元数が高い場合には不向きであることが知られている。また、今回の実験では、SVMとともに用いる個々のカーネル関数に対して、カーネルパラメータのチューニングをあまり行っていない。したがって、カーネルパラメータの調節によって、より高い認識精度が得られる可能性もある。

#### 5. まとめ

本稿では、古文書読解支援システムを構築するにあたり、高い認識精度が期待できるSVMを用いた認識器における古文書文字の認識精度を評価した。実験結果から、比較対象である改良型マハラノビス距離を用いた認識器に対する優位性については、今回の認識実験結果からは確認できなかった。今後、SVMにおけるカーネル関数

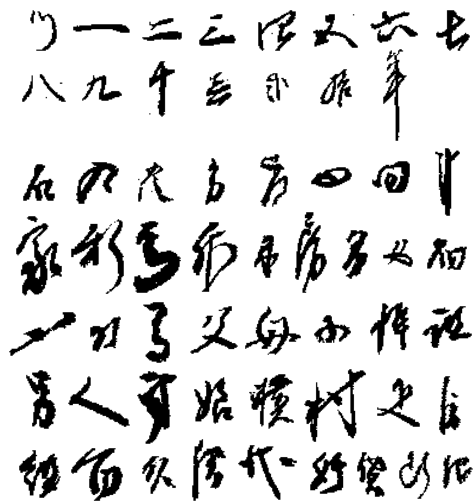


図3: 認識対象の文字サンプル

表1: 認識精度の比較

Multiple Template	93.3% (25 templates/class)
Modified Mahalanobis	96.1% (bias=0.02)
SVM (RBF Kernel)	95.6% ( $C=4, \gamma=0.125$ )
SVM (Polynomial Kernel)	94.8% ( $C=4, \gamma=0.25, r=2, d=8$ )

のパラメータ調節について詳しく検討し、SVMの有効性について検証を進めることが課題である。

#### 参考文献

- [1] 孫寧, 安倍正人, 根元義章, 「改良型マハラノビス距離を用いた高精度な手書き文字認識」, 情報処理学会研究報告「グラフィクスとCAD」, No.1994-CG-072, pp.169-176, 1994.
- [2] 加藤 聡, 堀内 匡, 「古文書文字認識における認識手法に関する検討」, 平成20年度 日本知能情報ファジィ学会 中国・四国支部 講演論文集, pp.15-18, 2008.
- [3] 山田奨治, 柴山守, 「古文書を対象にした文字認識の研究」, 情報処理, 43巻, 9号, pp.950-955, 2002.
- [4] Chih-Chung Chang and Chih-Jen Lin, LIBSVM: a library for support vector machines, Software available at <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm>
- [5] T. Kohonen, "Self-Organizing Maps", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1995.