弾性マッチングに基づく手書き文字認識における固有変形の利用

EIGEN-DEFORMATION FOR CHARACTER RECOGNITION BASED ON ELASTIC MATCHING

内田誠一　迫江博昭
Seiichi Uchida and Hiroaki Sakoe
九州大学大学院システム情報科学研究院
Faculty of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

1　まえがき

手書き文字は一般に変形を伴うため，その機械認識は活字に比べ困難とされている．しかし，変形は無秩序ではなく，各文字種 (カテゴリ) において固有の方向性があると考えられる．本稿では，こうした固有変形特性の抽出と，その認識処理における利用について述べる．

2　固有変形特性の抽出

固有変形特性の抽出の準備として，弾性マッチングにより文字の変形を自動的に採集する． 弾性マッチングとは 2 画像パターン間に最適画素対応を求める方法である．今，カテゴリ c の標準文字パターンを $\boldsymbol{A}_c$，同カテゴリの学習パターンを $\boldsymbol{B}_{c,n}$ $(n = 1, \ldots, N)$ とする．画像 $\boldsymbol{A}_c, \boldsymbol{B}_{c,n}$ 間に弾性マッチングを施すことで，パターン距離 $D(\boldsymbol{A}_c, \boldsymbol{B}_{c,n})$ および変位ベクトル $\boldsymbol{v}_{c,n}$ が求まる．ここで変位ベクトルは $\boldsymbol{B}_{c,n}$ 上の画素とそれに対応する $\boldsymbol{A}_c$ 上の画素の座標の差を列挙したものであり，$\boldsymbol{B}_{c,n}$ の変形を表現する．

次に，こうして自動採集された変位の集合 $\{\boldsymbol{v}_{c,1}, \ldots, \boldsymbol{v}_{c,n}, \ldots, \boldsymbol{v}_{c,N}\}$ に対して主成分分析を施す．その結果，各カテゴリの固有変形 $\{\boldsymbol{u}_{c,1}, \ldots, \boldsymbol{u}_{c,m}, \ldots, \boldsymbol{u}_{c,M}\}$ とその寄与率 $\{\lambda_{c,1}, \ldots, \lambda_{c,m}, \ldots, \lambda_{c,M}\}$ が求まる．ここで M は $\boldsymbol{v}_{c,n}, \boldsymbol{u}_{c,m}$ の次元数である．

3　固有変形特性を利用した文字認識

前節で述べた弾性マッチングは，変形に頑強なマッチング法として文字認識処理にも利用されている．しかし，不正解カテゴリの標準パターン間との距離が過小評価されて誤認識となる場合がある．

過変形と呼ばれるこの問題は，以下のように固有変形を利用することで抑制できる．まず，標準パターン $\boldsymbol{A}_c$ とカテゴリ未知の入力パターン $\boldsymbol{B}$ 間に弾性マッチングを施し，距離 $D(\boldsymbol{A}_c, \boldsymbol{B})$ と変位ベクトル $\boldsymbol{v}$ を求める． 従来の認識処理ではこの $D(\boldsymbol{A}_c, \boldsymbol{B})$ を基準として識別を行っていたが，ここでは $\boldsymbol{v}$ と固有変形間の距離 P を加えたものを新たな基準として採用する．もし $\boldsymbol{A}_c$ と $\boldsymbol{B}$ が異なるカテゴリであれば距離 P は大きくなるので，$\boldsymbol{B}$ はカテゴリ c に識別されにくくなり過変形を抑制できる．距離 P としては，変位 $\boldsymbol{v}$ と固有変形 $\{\boldsymbol{u}_{c,m},\ \lambda_{c,m}\}$ との間の改良マハラノビス距離 [1] を用いる．

4　実験

電総研文字データベース ETL6 の英大文字データ (各カテゴリ 1100 サンプル) を用いて，本手法の評価実験を行った．すべてのサンプルについて大きさの正規化 (20×20) を施した後，各カテゴリ毎に最初の 100 サンプルを平均して標準パターン $\boldsymbol{A}_c$ を作成した．

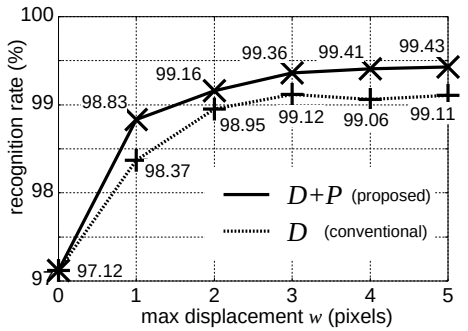

図 1　許容最大変位 w に対する認識率の変化

次の 500 サンプルを学習パターン $\boldsymbol{B}_{c,n}$ として，固有変形 $\{\boldsymbol{u}_{c,m},\ \lambda_{c,m}\}$ を求めた．弾性マッチング法として区分線形 2 次元ワープ法 [2,3] を用いた．なお前報 [4] では $\boldsymbol{A}_c$, から $\boldsymbol{B}_{c,n}$ への画素対応を求めていたが，逆にしたほうが認識率が高いことがその後の実験により判明したため， 本稿もそれに従っている．

残る 500 サンプル (全カテゴリで 13000 サンプル) をテストサンプルとして，3 節で述べた方法により認識実験を行った．結果をグラフとして図 1 に示す．グラフの横軸 w は区分線形 2 次元ワープにおいて各画素の許容可能な最大変位 (画素数) を表すパラメータである．従って $w = 0$ は単純重ね合わせに相当する．計算時間の都合上，w は最大 5 とした．

図 1 の結果から，固有変形の利用により認識率が向上したことがわかる．その効果を単純に誤認識サンプル数で見れば，$w = 5$ の場合，116 サンプルから 74 サンプルに低減し，1/3 が正解に転じたことになる．一方，効果をカテゴリ別に見ると，$\mathrm{F}\rightarrow\mathrm{P}$, $\mathrm{T}\rightarrow V$ の誤認識の減少が顕著であった (ETL6 の V には横線がある)．これらのカテゴリ対は，区分線形 2 次元ワープによって容易に類似しうるものであり，従って固有変形の利用により過変形が抑制されたものと考えられる．

5　まとめ

文字固有の変形特性の抽出法と，得られた固有変形特性の文字認識における利用について検討した．実験結果より方法の有効性が確認された．今後は，固有変形特性の他の利用形態について検討を進める予定である．

参考文献 [1] 栗田他．PRL82-79. [2] 内田, 迫江. 信学論, J83-D-II(12). [3]M. A. Ronee, et al. Proc. ICDAR, pp.39–43, 2001. [4] 内田他. PRMU2001-192.