固有変形を組み込んだ弾性マッチングによる手書き文字認識

HANDWRITTEN CHARACTER RECOGNITION
USING A CLASS-DEPENDENT DEFORMATION MODEL

内田誠一　　迫江博昭

九州大学大学院システム情報科学研究院

1　まえがき

手書き文字認識の要素技術の 1 つに弾性マッチングがある．これは標準文字パターンを入力文字パターンに近づけるよう 2 次元的に変形させる方法である．その結果，入力パターンに含まれる手書き変形を補償できるので，高精度な認識系を実現できる．

本論文では，弾性マッチングに対し，各文字種固有の変形方向 (以下，固有変形) を組み込むことを検討する．こうして実際の文字の変形特性を考慮することで，従来の弾性マッチングにおいて問題となっていた変形不足や過変形による誤認識を，直接的に抑制できると考えられる．

2　固有変形を組み込んだ弾性マッチング

文字種 c の標準パターンを画像 $\boldsymbol{P}_c = \{P_c(x,y)\}$ と表す．このとき，文字種依存変形モデル $s(\alpha, \boldsymbol{P}_c)$ を次のように定義する．

$$s(\alpha, P_c(x,y)) \;=\; P_c\Big(x + \sum_{m=1}^{M} \alpha_m X_{c,m}(x,y),\; y + \sum_{m=1}^{M} \alpha_m Y_{c,m}(x,y)\Big) \quad (1)$$

ここで $(X_{c,m}(x,y), Y_{c,m}(x,y))$ は，文字種 c の第 m 固有変形の第 (x,y) 成分である．このように本手法では，各文字種に生じる任意の変形を M 個の固有変形の重み $(\alpha_m \in \alpha)$ 付き線形和で表現する．ここで固有変形とは文字種固有の変形方向を表現するものである．例えば「A」ならば，全体的な傾き変形や，水平ストロークの上下動などがそれぞれ固有変形となりうる．固有変形は主成分分析を用いることで自動推定できる [1,2] ．

変形モデル (1) を用いた場合，未知入力パターン $\boldsymbol{E}$ と標準パターン $\boldsymbol{P}_c$ 間の弾性マッチングは次のように定式化できる．

$$d(\boldsymbol{P}_c, \boldsymbol{E}) = \min_{\alpha} \|s(\alpha, \boldsymbol{P}_c) - \boldsymbol{E}\| \quad (2)$$

この $d(\boldsymbol{P}_c, \boldsymbol{E})$ は，変形モデル (1) に従って $\boldsymbol{P}_c$ を最も $\boldsymbol{E}$ に近づけた場合の両者の距離であるから，一種の変形不変距離となり，識別関数として有用と考えられる．

式 (2) の最小化問題は，制御変数 α が非線形関数 $\boldsymbol{P}_c$ に含まれているため，このままでは解けない．そこで，tangent distance[3] の考え方を援用する．具体的には，変形モデル $s(\alpha, \boldsymbol{P}_c)$ の代りに，それを $\alpha = 0$ 近傍でテーラー展開して得られる

$$t(\alpha, \boldsymbol{P}_c) = \boldsymbol{P}_c + \sum_{m=1}^{M} \alpha_m \phi_{c,m} \quad (3)$$

を用いることとする．ここで，

$$\phi_{c,m}(x,y) = \frac{\partial P_c(x,y)}{\partial x} X_{c,m}(x,y) + \frac{\partial P_c(x,y)}{\partial y} Y_{c,m}(x,y)$$

である．線形近似 (3) の結果，式 (2) を閉じた形で解くことができ，$d(\boldsymbol{P}_c, \boldsymbol{E})$ の近似値を得ることができる．

3　実験

使用する固有変形数 M を変えながら測定した，ETL6 の英語大文字 26 文字種 (各 500 サンプル) の認識率とマッチング 1 回あたりの時間 (PC: Xeon2.0GHz 使用) の関係を図 1 に示す．固有変形数 $M = 3$ の時，最高認識率 99.21%が得られた．同図には，全文字種でアフィン変換 (パラメータ数 6) を変形モデルとして用いた場合の結果も示している．この結果から，各文字種について固有の変形方向を考慮した本手法のほうが，より少いパラメータ数 (より短時間) で高い認識率が得られることがわかる．

4　まとめ

固有変形を用いた文字種依存変形モデルに基づく弾性マッチング法を提案した．認識実験により，従来法に対する認識率および計算時間両面における優位性が明らかになった．

謝辞　本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金 (No.14780293) によった．

参考文献 [1] 内田，迫江, *MIRU2002*, 1:391–396, 2002. [2] S. Uchida, et al., *16th ICPR*, 1:572–575, 2002. [3] P. Simard, et al., *11th ICPR*, 2:651–655, 1992.

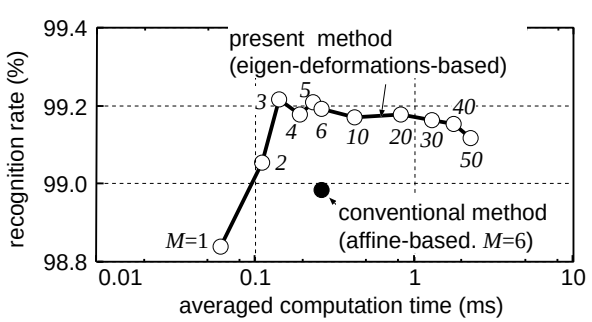

図 1　認識率と計算時間の関係