制約を緩めた弾性マッチングにおける固有変形利用の効果

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. はじめに　　弾性マッチングとは，2つの画像パターン間に最適画素対応写像(2次元ワープ)を求める手法である．最適化された2次元ワープの下で与えられるパターン間距離もしくは類似度は，理想的には変形不変となる．この特長を活かし，文字や顔など変形の生じやすい画像パターンの認識において，弾性マッチングは単純重ね合わせに代わる手法として利用されている．

画像パターンに生じる変形の大部分は，パターンの位相構造を保存するものである．このため多くの場合，2次元的位相保存制約がワープに課される．しかし，こうした2次元的な制約はワープの最適化問題を計算量的に困難なものとしてしまう[1,2]．その対処として，最適化問題をある程度局所的に独立に解けるように制約を部分的に緩めることが考えられるが，位相保存性を失うことで過変形が生じやすくなる．過変形とは近づけ過ぎによりパターン間の距離を過小評価することであり，認識問題においては誤認識の原因となる．

そこで本稿では，制約を緩めた2次元ワープにおいて生じる過変形を，事後評価により抑制するという方法を検討する．この事後評価には固有変形特性[3,4]を利用する．固有変形とは，そのパターン独特の変形方向性を表すものであり，弾性マッチングと主成分分析法を組み合わせることで，自動推定できる．過変形をこの固有変形からの逸脱と考えれば，その逸脱の程度を評価することで，過変形を検出/排除できる．本稿では，画像パターンとして英語大文字を用い，その認識問題を通じて本手法の有効性を検証する．

2. 制約を緩めた弾性マッチング　　本稿で扱う弾性マッチング法においては，図1に示すような各列で区分線形化された2次元ワープを用いる．隣接列間のワープ間に単調連続制約を課せば，位相保存性を持つ区分線形2次元ワープ[2]を実現できる．この場合，最適化は各行独立には行えない．これに対し，この列間制約条件を課さなければ，位相保存性は保証されず，従って過変形の危険性も増加するが，ワープは各列独立に最適化でき，計算量は少くて済む．これまでの実験の結果，1桁程度の高速化は可能なことがわかっている．

3. 固有変形特性の利用　　固有変形は，前述のように弾性マッチングと主成分分析を用いることで自動推定される[3,4]．具体的には，N個の学習文字サンプルについて，標準文字パターンとの弾性マッチングを行い，得られるN個の2次元ワープ結果をそれぞれM次元ベクトルとして表現し，それらの共分散行列$(M \times M)$を求める．固有変形は，そのM個の固有ベクトル$(M$次元$)$として得られる．

認識時には，まず未知入力と標準パターン間に求めた2次元ワープを求め，次に固有変形とのマハラノビス距離を求めることで，逸脱の程度を事後評価する．それを2パターン間のマッチング距離に可算することで，逸脱が大きい程，その標準パターンのカテゴリに識別されにくくする．なお，この事後評価のオーバヘッドは，ワープ最適化計算量に比べて十分少い．

4. 実験　　電総研文字データベースETL6の英大文字データを用いて，本手法の評価実験を行った．各カテゴリ1100サンプルを100，500，500に分け，それぞれ標準パターン作成，固有変形推定，認識テストに用いた．本手法で得られた認識率を図2に示す．ここで横軸wは許容最大変形量であり，2次元ワープによって対応づけられる画素間の座標差の最大値を表す．このwを大きくすると，固有変形を用いない場合には過変形の頻発により認識率が急激に低下したのに対し，用いた場合にはそうした傾向はない．この結果より，制約を緩めたワープ法の弱点である過変形の発生を，固有変形により抑えられたことわかる．

5. まとめ　　高速化のために制約を緩めた弾性マッチング法を文字認識に利用する際，固有変形を利用することで過変形を抑制できることを実験的に示した．

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. 信学論, J81-D-II(6). [2]—. 信学論, J83-D-II(12). [3]—. MIRU2002. [4] 内田他. PRMU2001-192.

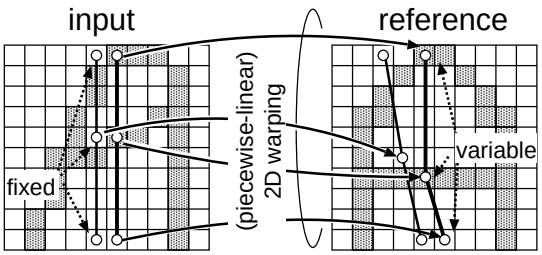

図 1: 対象とした弾性マッチング．

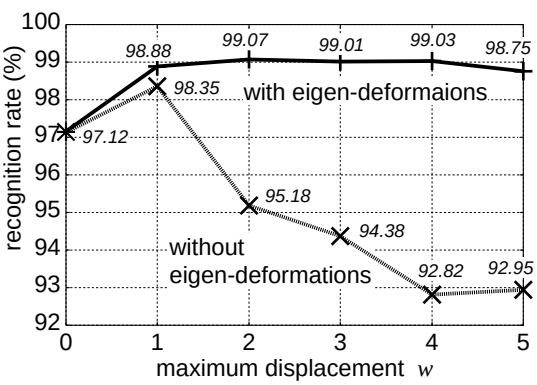

図 2: 英語大文字13000(=26×500)サンプルの認識率．