手書き文字認識における字形変動処理に関する一検討
– ダッチロールワープ –

An Efficient Elastic Image Matching and Its Application to Handwritten Character Recognition – Dutch Roll Warping

石田敏之　内田誠一　迫江博昭
Toshiyuki ISHIDA　Seiichi UCHIDA　Hiroaki SAKOE

九州大学大学院 システム情報科学研究科
Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

1. はじめに　手書き文字認識における形状歪みの吸収法に 2 次元弾性マッチングがある．動的計画法 (DP) を用いた本格的な 2 次元弾性マッチング法に単調連続 2 次元ワープ [1] があるが高い自由度を持つ反面，計算量が膨大である．本稿では，自由度を制限することにより計算量の低減を図ったダッチロールワープを提案し，その文字認識における有効性を検討する．

2. ダッチロールワープ　サイズ $N \times N$ の標準パターン画像を$\boldsymbol{A}=\{a(i,j)\}$，入力パターン画像を$\boldsymbol{B}=\{b(x,y)\}$ で表す．また，標準パターンの第 i 列をベクトル$\boldsymbol{a}(i)$ で表す．ダッチロールワープは，$\boldsymbol{a}(i)$ の両端の画素 $(i,1),(i,N)$ をそれぞれ$\boldsymbol{B}$上の画素 $(x_1(i),1),(x_N(i),N)$ に対応づけ，その間を線形補間することで残りの画素を対応づける (図 1)．ワープの最適化は，この $x_1(i),x_N(i)$ についてそれぞれ近似的に単調連続性を満たす範囲で行われる．

列$\boldsymbol{a}(i)$ の$\boldsymbol{B}$上での像を$\boldsymbol{b}(x_1(i),x_N(i))$ と表し，$\boldsymbol{a}(i)$ と $\boldsymbol{b}(x_1(i),x_N(i))$ との重ね合わせ距離を $d(i,x_1(i),x_N(i))$ とする．この $d(i,x_1(i),x_N(i))$ を $i=1,\ldots,N$ で積分したものを目的関数とし，その最小値を 2 画像$\boldsymbol{A}$,$\boldsymbol{B}$間の距離 $D(\boldsymbol{A},\boldsymbol{B})$ とする．目的関数の最小値を与える $(x_1(i),x_N(i))$ $(i=1,\ldots,N)$ は DP により探索できる．このときの計算量は $O(N^4)$ であり，単調連続 2 次元ワープの $O(N^3 9^N)$ と比べて大幅に少ない．

3. ダッチロールワープの拡張　前節で述べたダッチロールワープでは x 方向の歪みしか吸収できないため，y 方向にもワープを導入した 2 つの拡張型を検討する．具体的には，拡張型 1 としてダッチロールワープを水平，垂直順に逐次的に行う方法，拡張型 2 としてダッチロールワープの単位となる列の軸方向に DP による 1 次元非線形ワープを用いる方法を提案する．

4. 実験　ダッチロールワープとその拡張型および従来法による文字認識実験を行った．文字サンプルは ETL6 中の英大文字 26 文字種各 200 サンプルであり，最初の 100 サンプルを標準パターン作成用，残りの 100 サンプルをテストパターンとした．文字画像は正規化の後，$N=20$ とした．識別は $D(\boldsymbol{A},\boldsymbol{B})$ に関する最短距離法に依った．

図 2に認識結果を示す．図中の従来法 1 ~ 4 はそれぞれ文献 [2] ~ [5] のワープ法と自由度の点で等価な手法であり，いずれも座標軸に対して直交方向の歪みの吸収を目的としている．1 方向 (x) に対してのみワープを行う従来法 1，2 と比べ，基本型のダッチロールワープの方が高い認識率が得られ，その傾き吸収能力の有効性を示している．また，x,y の両方向に対してワープを行う従来法 3，4 と比べても，拡張型 1，2 のダッチロールワープの方が高い認識率となった．

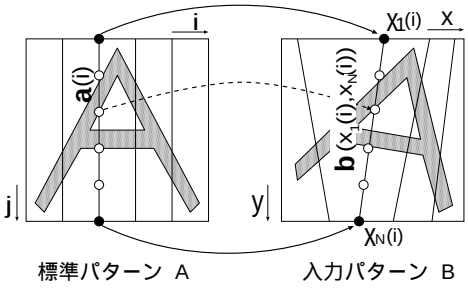

図 1: ダッチロールワープ

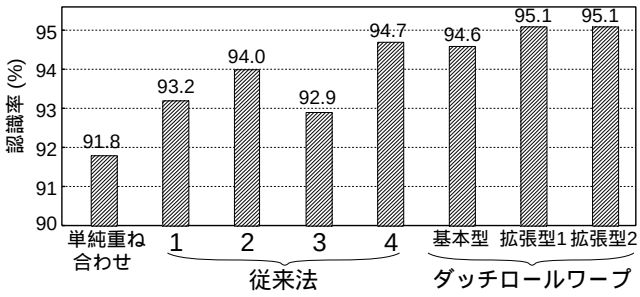

図 2: 認識結果

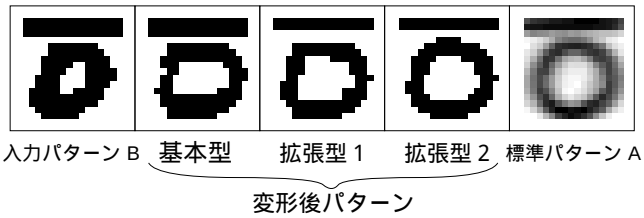

図 3: ダッチロールワープおよび拡張型による変形例

ダッチロールワープおよびその拡張型 1，2 による変形例を図 3に示す．この入力パターン「O」は，**2** 節の基本型では垂直方向の歪みを吸収できないため「V」に誤認識されたが，拡張型 1，2 ではその歪みは吸収可能なため正しく認識された．

5. まとめ　高速な 2 次元弾性マッチング法であるダッチロールワープおよびその拡張型を提案し，文字認識実験を通してその有効性を確認した．

謝辞　本研究の一部は，文部省科学技術研究費 (基盤研究 C(2), No.10680385) によった．

参考文献 [1] 内田, 迫江. 信学論, Vol.J81-D-II,No.6,1998. [2] 中島, 中野, 中田. 情報処理全大, 89. [3] 田中, 塩野, 真田, 手塚. 信学論, Vol.J68-D,No.1,1985. [4] 中野, 中田, 中島. 信学論, Vol.57-D,No.1,1974. [5] 津雲. 信学技報 PRL90-20, 1990.