対象の事前知識が利用不可能な場合に対応した区分線形 2 次元ワープ

A Priori Knowledge Free Piecewise Linear Two-Dimensional Warping

内田誠一　　迫江博昭
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

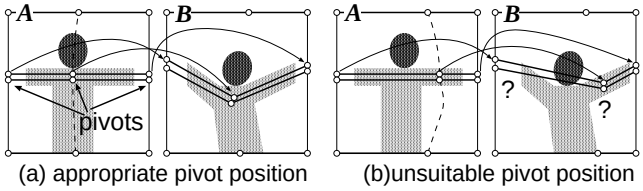
1. はじめに　区分線形 2 次元ワープ [1] は，画像の弾性マッチングを目的とした 2 次元-2 次元写像 (2 次元ワープ) の一種である．全ての画素の像を制御変数としてその最適値を探索するワープ法 [2,3] と異なり，一方の画像の行 (あるいは列) 上に設定された節点 (ピボット) の像のみを制御変数とし，ピボット以外の画素の像はピボット像間の線形補間により定める．こうして制御変数の数を減らすことにより，ワープ実行のための計算量は文献 [2,3] の手法に比べ大幅に少なくて済む．

文献 [1] では対象の変形特性に関する事前知識に応じてピボットの位置を予め設定することを仮定していたが，そのような知識が利用できない場合も多い．そこで本稿では，このような場合に対応するために，ピボット位置とその像の同時最適化に基づく区分線形 2 次元ワープ法を提案する．

2. 区分線形 2 次元ワープ [1]　区分線形 2 次元ワープは，$N \times N$ 画像 $\boldsymbol{A} = \{a(i,j)\}$ の各行の像が $N \times N$ 画像 $\boldsymbol{B} = \{b(x,y)\}$ 上で折れ線を成すように制限された 2 次元-2 次元写像である．$\boldsymbol{A}$の各行 i は，その上の $K(\leq N)$ 個のピボット (i, j_k) で折り曲げられ，区分的に線形伸縮した後，$\boldsymbol{B}$上に重ね合わせられる．ピボット以外の画素の像は，ピボットの像 $(x_{i,k}, y_{i,k})$ の線形補間により定められる．ワープはこの各行の重ね合わせによる距離を画像全体として最小化するように決定される．ただし，ピボットの像はピボット位置を基準とした一定の範囲に制限され (整合窓制約)，隣接するピボットの像は単調連続性により互いに制約される．また各行の両端のピボットの位置とその像は行の両端点に制限される．

3. ピボット位置のワープ精度への影響　ピボットは謂わば画像パターンの折り曲げ点であるから，その位置は対象とするパターンが屈曲を起こす位置に一致させる必要がある．例えば，図 1(a) はピボット位置とパターンの屈曲位置が一致した場合であり，画像$\boldsymbol{A}$, $\boldsymbol{B}$のほぼ完全な整合が可能だが，図 1(b) のようにそれらが一致していない場合，十分な整合は不可能である．

4. ピボットの位置と像の同時最適化　前節で述べたようにピボット位置は対象に応じて適切に設定されることが重要であるが，TV 画像のフレーム間処理のように，対象に関する事前知識が乏しい場合もある．そこで本稿では，このような場合に対応するために，ピボット位置 j_k もワープの制御変数と考え，その像 $(x_{i,k}, y_{i,k})$ と共に同時に最適化する方法を提案する (図 2)．すなわち本手法においては，$\boldsymbol{A}$の各行 i のワープは $3K$ 個の整数値変数の組



(a) appropriate pivot position　(b)unsuitable pivot position

図 1: ピボット位置のワープ精度への影響

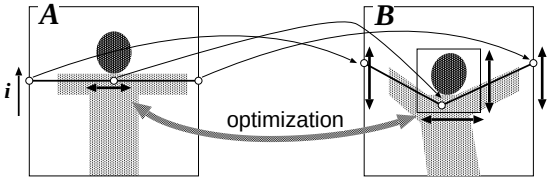


図 2: ピボットの位置と像の同時最適化 ($K = 3$)

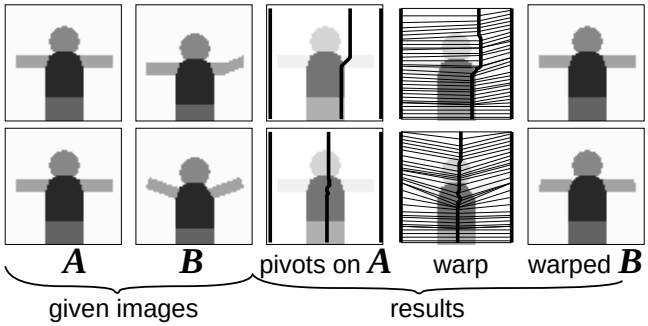


図 3: 本手法による結果例 ($K = 3, N = 64$)

$[(j_1, x_{i,1}, y_{i,1}), \ldots, (j_k, x_{i,k}, y_{i,k}), \ldots, (j_K, x_{i,K}, y_{i,K})]$ の値により定まる．その変域を S_iとすれば，ピボット位置の最適化を伴う区分線形 2 次元ワープ決定問題は，i を段とし，S_iの各要素を第 i 段に属する状態とする多段決定過程の最適状態遷移系列探索問題となる．これはピボット位置固定の場合の区分線形 2 次元ワープ [1] と同様の動的計画アルゴリズムにより解ける．

5. 実験　図 3 は，人工的に生成した画像$\boldsymbol{A}$と 2 種類の$\boldsymbol{B}$(いずれも $N = 64$) を本手法 (K=3) で整合した結果である．$\boldsymbol{B}$のパターンの屈曲点に応じて適切に$\boldsymbol{A}$上に中間ピボット (k=2) が配され，結果としてほぼ完全な整合がなされていることがわかる．

6. まとめ　対象に関する事前知識が利用不可能な場合に対応するために，ワープの節点 (ピボット) 位置とその像の同時最適化に基づく区分線形 2 次元ワープ法を提案した．また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. 信学技報, PRMU99-10, 1999. [2] E.Levin and R.Pieraccini. ICASSP, pp. 149-152, 1992. [3] 内田, 迫江. 信学論, Vol.J81-D-II，No. 6, pp.1251-1258，1998．