

画像変形に基づく画像合成の自動化¹

4 E - 2

†Zdeněk Procházka²††伊藤崇之³†岡本敏雄⁴

†電気通信大学大学院

††NHK 放送技術研究所

1 はじめに

画像モーフィングや画像合成の従来の手法では、画像間の対応点の手動による指定などの膨大な必要とされ、そのような作業を自動化することが望まれている。

モーフィングや合成を画像の形状と濃淡情報に対する演算として捉えることができる。しかしながら、画像実体は二次元の明るさ分布に過ぎず、形状の情報を陰にしか含まない。形状情報を自動的に求め、画像に対する演算を容易に実現できる形式で表現できれば、モーフィングや合成の自動化が可能になる。

そのような表現方法の一つは、画像をある共通のプロトタイプとの変化量として表現することである。しかし、この形状の表現のためには、与えられた画像とプロトタイプの間の画素単位で対応関係を決定する問題を解決しなければならない。

迫江らは、画素単位で画像間の対応関係（変形関数）を求める手法を提案している[1]。提案手法は動的計画法（DP）に基づくものであるが、効率化を行っても計算時間が長く、サイズの小さい画像にしか適用できない。

また、Vetter [2] は対応関係を決定するためにオブティカルフローを用いた。しかし、オブティカルフローのアルゴリズム [3] は、目的画像が原画像の一次近似として表現できることを前提とするので、もともと大きく異なる画像の対応関係を求めることは難しいと考えられる。

著者らは変分法に基づく画像の変形方法を提案した [4]。本稿では提案手法を概説すると共に、画像モーフィング及び画像合成への応用について述べる。

2 変形方法の概略

本手法は、画像の輝度波形の二乗誤差の積分を滑らかさの拘束条件のもとで最小にする関数を求める問題として定式化される。プロ

トタイプ画像を $I_1(x, y)$ とし、変形すべき画像を $I_2(x, y)$ とすれば、画像変形は

$$J[\mathbf{w}] = \int_0^X \int_0^Y \{ (I_1(x, y) - I_2(\mathbf{w}))^2 + a(|\mathbf{w}_x|^2 + |\mathbf{w}_y|^2) + b(|\mathbf{w}_{xx}|^2 + 2|\mathbf{w}_{xy}|^2 + |\mathbf{w}_{yy}|^2) \} dx dy \quad (1)$$

を最小にするベクトル関数 $\mathbf{w}(x, y)$ を求めることになる。但し $\mathbf{w}_x, \mathbf{w}_y, \mathbf{w}_{xx}, \mathbf{w}_{xy}, \mathbf{w}_{yy}$ は $\mathbf{w}(x, y)$ の偏導関数であり、 a, b は重み係数である。

式 (1) に対するオイラー方程式を導き、数値解法で解くことにより変形関数が求められる。詳細について [4] を参照されたい。

3 画像モーフィング及び合成への応用

画像モーフィングは、二つの画像の線形結合を求める問題として捉えることができる。変形関数を用いれば、モーフィングを以下のように実現できる。図 1 の画像 $I_A(x_A, y_A)$ と $I_B(x_B, y_B)$ の中間画像を求めるためには、まずある共通のプロトタイプ画像 $T(x, y)$ を選び、画像 $I_A(x_A, y_A)$ および $I_B(x_B, y_B)$ をプロトタイプに変える変形関数 W_A と W_B を求める。変形関数は十分単調であると仮定し、逆関数も存在するとする。

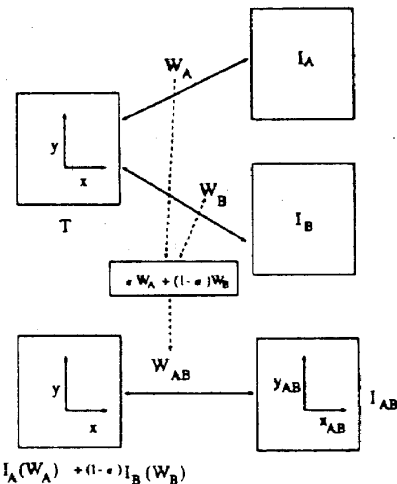


図 1: 画像モーフィングの説明図

¹Automated Image Synthesis Based on Image Warping

²Zdeněk Procházka, Graduate School of Informations Systems, University of Electro-Communications

³Takayuki Ito, NHK Science and Technical Research Laboratories

⁴Toshio Okamoto, Graduate School of Informations Systems, University of Electro-Communications

濃淡情報の線形結合を

$$I_{AB}(x, y) = \alpha I_A(W_A) + (1 - \alpha) I_B(W_B) \quad (2)$$

として求めることができる。物体の形状の線形結合を

$$W_{AB}(x, y) = \alpha W_A(x, y) + (1 - \alpha) W_B(x, y) \quad (3)$$

として求める。 $W_{AB}(x, y)$ の逆関数を用いれば、結果となる合成画像は $I_{AB}(W_{AB}^{-1}(x, y))$ となる。

以上の手順を図2の画像に適用した結果を図3に示す。但し、図3左上の場合 $\alpha = 0.75$ 、右上 $\alpha = 0.50$ 、下 $\alpha = 0.25$ である。

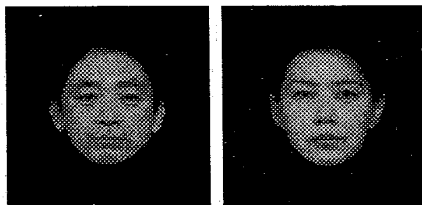


図2: 入力画像, 左 I_A , 右 I_B

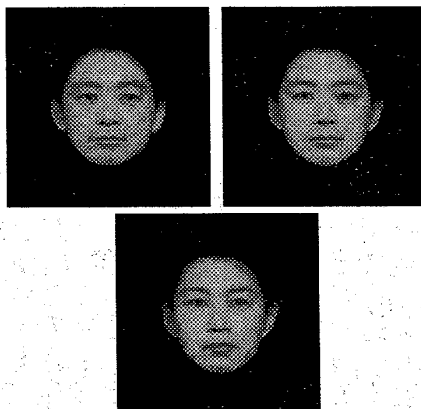


図3: モーフィングの結果

次に、変形関数を画像合成へ応用した例を示す。このとき、図2左の人物の表情画像を用い、表情のみを同図の右の人物の無表情顔に移植する。形状情報については、人物Aの無表情顔 I_{AN} と表情顔 I_{AE} 及び人物Bの無表情顔 I_{BN} のそれぞれの画像をプロトタイプに変える変形関数 W_{AN}, W_{AE}, W_{BN} を求め、差分関数 $W_D = W_{AE} - W_{AN}$ を計算し、人物Bの表情形状を表している関数 $W_{BE} = W_{BN} + W_D$ を求める。

顔画像間の対応関係を求める場合、しわや口の中などのように、一方の画像にしか存在しない領域がある。このような領域では対応関係が決定できないので、下の処理を行う。

画像 I_{AE} をプロトタイプに変形した後、濃淡値がプロトタイプと大きく異なる点の濃淡情報を I_{BN} の変形した画像 I'_{BN} に移植する。

W_{BE} の逆関数を画像 I'_{BN} に適用し、結果となる画像を求める。

合成画像の例を図4に示す。左は人物Aの表情画像、右は人物Bの合成画像である。

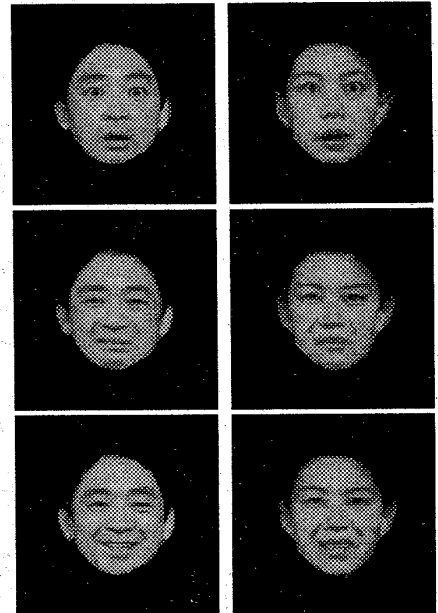


図4: 合成画像の例 左: 原画像, 右: 合成画像

4 まとめ

本稿では、変分法に基づく画像変形法を紹介し、本手法による画像モーフィング及び画像合成の自動化について述べた。実画像を用いた実験の結果を見れば、モーフィングした画像も合成画像もごく自然な顔に見える。それにより本手法の有効性を確認できた。今後課題として、本手法による表情認識のための特徴抽出の検討を予定している。

参考文献

- [1] 内田誠一, 迫江博昭 “動的計画法に基づく単調連続2次元ワープ法の検討,” 信学論, D-II, vol. J81, no. 6, June 1998.
- [2] T. Vetter, N. Troje “A separated linear shape and texture space for modeling two-dimensional images of human faces”, Max - Planck - Institut für biologische Kybernetik, Tübingen, Germany, Technical Report 15, 1995.
- [3] B.Klaus, P. Horn : Robot Vision, The MIT Press, Cambridge, 1987.
- [4] Z. Procházka, 伊藤崇之, 岡本敏雄: “変分法に基づく画像変形”, 信学技報, NC 97-163, March 1998.