

魚眼画像におけるモーフィング変換方式の検討

5R-6

皆川 剛[†] 宇都木 契[†] 紅山 史子[†] 守屋 俊夫^{††} 武田 晴夫^{††}[†](株)日立製作所 システム開発研究所 ^{††}通信・放送機構 奈良リサーチセンター

1 はじめに

バーチャルリアリティの研究分野において、「高い没入感が得られるようにユーザの視野のほとんどを映像で覆ってしまう」というコンセプトの下、これまでにいくつかのマルチスクリーン映像表示装置が提案されてきている [1][3][7]。これらの表示装置用のコンテンツ制作を考えた場合、自然、広い画角の画像を扱うことになるため、最終的に各スクリーン用の画像として切り出すまでの中間画像としては魚眼画像を利用するのが便利である。そこで我々は、魚眼画像をベースとしたコンテンツ制作の方法について、いくつかの検討を行った [4][8][9]。本稿では、そうした試みのうちから、イメージモーフィングを等距離射影魚眼画像 [5] に適用する方法について検討した結果を報告する。

2 イメージモーフィングの定義

本稿で用いるイメージモーフィングは、2枚の元画像の対応付けに三角形メッシュを用いるものである。対応付けに用いる制御メッシュを平面グラフとして見た時の構造が異なる場合には、制御メッシュの細分化を行うなどの処置を行う必要があるが、これは文献 [6] などに譲り、以下では簡単のため、2つの制御メッシュは平面グラフとして等しいものと仮定して議論を行う。

まず、状態 $S \equiv (\pi, \mathbf{c})$ を導入する。ここで、 π は平面と同相な面であり、 \mathbf{c} は各制御点の π 上での座標値の集合である。1つの状態が1つの画像に対応する。

次に、状態を表す変数 t を導入する。元画像の一方が $t = 0$ 、他方が $t = 1$ 、という状態に対応するものとし、モーフィングとは $t \in [0, 1]$ なる任意の状態に対応する画像を生成する処理であると考える。以下、変数 t に対応する状態を $S_t = (\pi_t, \mathbf{c}_t)$ と書く。

さらに、5つの関数を導入する。 π_0 と π_1 から π_t を求める補間関数を $f_s(t)$ とする。また、 \mathbf{c}_0 と \mathbf{c}_1 から \mathbf{c}_t を求める補間関数を $f_c(t)$ とする。 π_t 上での座標 $\mathbf{x} \equiv (x, y)$ を \mathbf{c}_t を用いて表現した際のパラメタ \mathbf{q} を生成する関数を $h_t(\mathbf{x})$ とし、パラメタ \mathbf{q} から π_t 上での座標 \mathbf{x} を生成する関数を $h_t^{-1}(\mathbf{q})$ とする。 π_t 上での座標 \mathbf{x} における画素値を生成する関数を $z_t(\mathbf{x})$ とし、値域 $[0, 1]$ の重み関数を $w(t)$ とする。

変数 t に対応する実際のモーフィング画像生成処理は、次のようになる。まず、 $f_s(t)$ と $f_c(t)$ を使って π_t と \mathbf{c}_t を求める。次に、 π_t 上で画素値を決定したい座標 \mathbf{x} に対して、 $h_t(\mathbf{x})$ を使って \mathbf{q} を求める。求めた \mathbf{q} から、 $h_0^{-1}(\mathbf{q})$ を使って π_0 上での座標 \mathbf{x}_0 に対して、 $h_1^{-1}(\mathbf{q})$ を使って π_1 上での座標 \mathbf{x}_1 に対応

する π_1 上での座標 \mathbf{x}_1 を、それぞれ求める。その上で、画素値 $z_t(\mathbf{x})$ は、

$$z_t(\mathbf{x}) = \{1 - w(t)\} \cdot z_0(\mathbf{x}_0) + w(t) \cdot z_1(\mathbf{x}_1)$$

として求められる。

なお、一般には π_t は t に依存せず一定であることが多いが、そうでない例として、例えば文献 [2] の方法などが挙げられる。

3 魚眼画像への適用方法

本稿では、イメージモーフィングを魚眼画像に適用する方法として、以下の3種類について検討する。

3.1 x - y 変換法

魚眼画像であっても、通常の画像と同じ方法でモーフィングを行おうという方法である。 $f_s(t)$ としては恒等変換を、 $f_c(t)$ としては線形変換を用い、 $h_t(\mathbf{x})$ は制御メッシュのうち \mathbf{x} を含むような三角形の三頂点の線形結合パラメタを生成する関数とし、 $w(t) = t$ とした。

既存のソフトウェアが使用できる点が利点であり、魚眼画像の中央部と周辺部の歪みの違いを考慮せずに中間状態を生成する点が欠点である。したがって、魚眼画像の中央付近だけで遷移を行う場合や、新旧の市街地の遷移など t の値による \mathbf{c}_t の変化が少ない場合には、この方法で十分であると予想される。

3.2 r - ϕ 変換法

光軸と魚眼画像面との交点を $\mathbf{p} \equiv (p_x, p_y)$ とする。各点 \mathbf{x} に対して、ベクトル $\mathbf{v} \equiv \mathbf{x} - \mathbf{p}$ を作り、 \mathbf{v} の大きさを r 、 \mathbf{v} と x 軸の正方向との成す角を ϕ とし、 r - ϕ 平面内でモーフィングを行おうという方法である。各関数は x - y 変換法と同様の関数を使用した。

t に比例して角度が変化するという特徴を持つため、魚眼の中央部と周辺部で変化量が極端に異なるといったことがなく、自然な変化をすることが予想される。ただし、 ϕ が 2π 周期で循環することや、 r - ϕ 平面に射影した後に制御メッシュのグラフ構造を組み替える必要がある(そのままだと、直線描画した際に辺が交叉してしまうため)ことから、実装は非常に複雑なものとなる。

3.3 接平面法

投影中心を \mathbf{v} とする。 $t = 0$ における魚眼画像上での制御メッシュの重心を $\mathbf{g}_0 = (g_x, g_y)$ とし、 \mathbf{g}_0 に対応する光線方向ベクトルを \mathbf{n}_0 とする。 \mathbf{n}_0 は、大きさが1となるように正規化しておく。 $\mathbf{O}_0 \equiv (\mathbf{v} + \mathbf{n}_0)$ を通り、 \mathbf{n}_0 を法線ベクトルとする面を π_0 とする。 \mathbf{n}_1 、 \mathbf{O}_1 および π_1 についても、同様に定める。

Image Morphing on Fisheye Images

Tsuayoshi MINAKAWA[†], Kei UTSUGI[†], Fumiko BENIYAMA[†], Toshio MORIYA^{††}, Haruo TAKEDA^{††}[†]Systems Development Laboratory, Hitachi, Ltd.^{††}Nara Research Center, Telecommunications Advancement Organization of Japan

v を中心とした π_c 上の角度 η の回転行列を $R(\eta)$ とする。 n_0 に $R(\eta_0)$ ($\eta_0 \leq 180^\circ$) を施して n_1 に一致するとき、 n_0 に $R(t \cdot \eta_0)$ を施したものを n_t とする。 n_t に基づき、 O_t および π_t を定める。

n_0 と n_1 で張る平面 (のうちの1つ) を π_c 、 π_c の大きさ1に正規化された法線ベクトルを e_y とし、 $e_{x,t} \equiv n_t \times e_y$ とする。 π_t 上の座標を、座標原点 O_t と正規直交基底 $\{e_{x,t}, e_y\}$ によって定める。

c_0 に関しては、魚眼画像上での制御メッシュを平面 π_0 に射影しなおしたもので考える。 c_1 についても同様である。なお、その他の関数に関しては $x-y$ 変換法と同様の関数を使用した。

この方法は、元の空間での直線が、モーフィング後も (区分的にはあるが) 直線になるという特徴を持つ。

4 実験結果

元画像を図1に、制御メッシュを図2に、 $x-y$ 変換法による $t = 0.4$ の画像を図3に、接平面法による $t = 0.4$ の画像を図4に、それぞれ示す。今回の実験では、制御メッシュは28個の頂点と42個の三角形で構成した。

元画像は Nikon D1 + SIGMA 8mm F4 Fisheye で撮影した画像から人物を切り出したものと、その画像を左右反転させた画像とを用いている。魚眼レンズのキャリブレーションは、理想的な等距離射影魚眼レンズであることを仮定し、平面格子を撮影することで行った。

$x-y$ 変換法による結果を見ると、顔が細くなっていることが分かる。等距離射影魚眼画像は、その射影方式から周辺部にいくほど歪みが大きくなる性質があり、今回の実験では元画像の周辺部に対象物があるため、この歪みの影響を強く受けてしまったものと考察される。

それに対し、接平面法は周辺部に対象物がある場合であっても、よく機能していることが分かる。

5 おわりに

魚眼画像にイメージモーフィングを適用するための3種類の方法について、比較検討を行った。実験により、制御点座標に変化がある場合、通常の方法 ($x-y$ 変換法) では特に画像周辺部にて魚眼画像特有の歪みの影響を強く受けてしまうため、接平面法など、魚眼画像の特徴を考慮した方法を適用するのが望ましいという知見を得た。

なお、実際に魚眼画像を利用したコンテンツ制作において使用する場合には、コンテンツの特徴やモーフィング処理に要する時間なども考慮する必要がある。それらを考慮した上で、本稿で述べた以外の方法も含め、どのような場合にどのような変換方法を適用するのがよいか、という評価については、今後の課題である。

参考文献

- [1] D. J. Sandin, et. al. : Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: the Design and Implementation of the CAVE, *Proc. of SIGGRAPH 93*, 1993, pp. 135-142.
- [2] S. M. Seitz, et. al. : View Morphing, *Proc. of SIGGRAPH 96*, 1996, pp. 21-30.
- [3] T. Yamada, et. al. : Development of Complete Immersive Display: COSMOS, *Proc. of VSMM98*, Vol. 2, 1998, pp. 522-527.
- [4] 宇都木契, 他: シルエットを保存するポリゴンリダクション, 情報処理学会第63回全国大会, 3K-02, 2001.
- [5] 小倉敏布: 写真レンズの基礎と発展, 朝日ソノラマ, 1995, pp. 186-189.
- [6] 金井崇, 他: 円盤と位相同型の任意の三角形メッシュ間の高速な合成法, *IPSJ Research Report*, 99-CG-96, 1999, pp. 7-12.
- [7] 廣瀬通孝, 他: 没入型多面ディスプレイ (CABIN) の開発, パーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol. 2, 1997, pp. 137-140.
- [8] 紅山史子, 他: マルチスクリーン用映像における実写/CG遷移, 情報処理学会第63回全国大会, 6N-03, 2001.
- [9] 守屋俊夫, 他: 射影モデルの適応的解釈による高臨場感ディスプレイへの映像表示, 情報処理学会第63回全国大会, 5R-07, 2001.

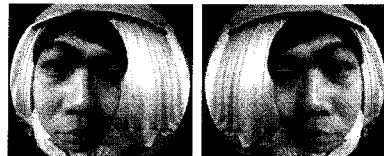


図1: 元画像. (左) $t = 0$, (右) $t = 1$.

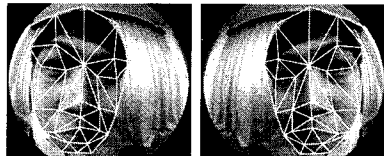


図2: 制御メッシュ. (左) $t = 0$, (右) $t = 1$.



図3: $x-y$ 変換法. (左) 魚眼, (右) 透視.



図4: 接平面法. (左) 魚眼, (右) 透視.