

# 特徴点追跡による三次元復元に基づく湾曲した紙面のビデオモザイクング

Video Mosaicing for Curved Surface by 3-D Reconstruction Using Feature Points

佐藤 智和<sup>1,2</sup> 池谷 彰彦<sup>2</sup> 池田 聖<sup>1</sup> 神原 誠之<sup>1,2</sup> 中島 昇<sup>2</sup> 横矢 直和<sup>1,2</sup>  
Tomokazu Sato Akihiko Iketani Sei Ikeda Masayuki Kanbara Noboru Nakajima Naokazu Yokoya

<sup>1</sup> 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科  
Nara Institute of Science and Technology (NAIST)

<sup>2</sup> NEC インターネットシステム研究所  
Internet System Laboratories, NEC Corporation

## 1 まえがき

近年、ビデオカメラを用いて紙面や風景を動画像として撮影し、ビデオモザイク技術 [1, 2] を適用することで、高精細かつ広画角の画像を容易に獲得することが可能となってきた。しかし、従来提案されている手法の大半は、平面または平面に近似できるもののみを対象としている。そこで、本稿では湾曲した紙面を対象とした形状推定に基づくビデオモザイク手法を提案する。

## 2 湾曲した紙面に対するビデオモザイクング

本手法では、特徴点追跡による三次元復元 [3] に基づいて紙面の形状を推定し、平面状に展開したビデオモザイク画像を生成する。ただし、本研究で扱う紙面は一軸方向にのみ湾曲しているものとし、紙面の曲率は滑らかに変化しているものとする。また、カメラの内部パラメータは既知とし、撮影中変化しないものとする。以下、本手法の各処理について順に述べる。

(1) 特徴点追跡による三次元復元: 動画像中の特徴点を自動追跡し、特徴点の三次元座標とカメラの運動パラメータを推定する [3]。ここでは、初期フレームにおいて、カメラと紙面がおおむね正対しているという仮定 [2] を用いることで、三次元位置が既知のマーカなどの特別な指標を設けることなく自動で三次元復元を行う。

(2) 曲面当てはめによる紙面形状の推定: まず、処理 (1) で推定された各特徴点を中心とする特徴点群に対して局所的な二次曲面当てはめを行い、紙面の最小主曲率方向の算出と特徴点の三次元位置の誤推定結果の排除を行う。次に、算出された最小主曲率方向に対して各特徴点の三次元座標  $(x, y, z)$  を二次元に縮退させ、得られた二次元座標群  $(\hat{x}, \hat{y})$  に対して多項式  $\hat{y} = f(\hat{x}) = \sum_{i=0}^m a_i \hat{x}^i$  による近似曲線当てはめを行う。これにより、紙面の形状パラメータ  $(a_0, \dots, a_m)$  を算出する。また、幾何学的 AIC [4] を用いることで最適次数  $m$  を自動で決定する。

(3) 再出現特徴点の検出と全体最適化: 算出された紙面の形状に対して入力画像上の全ての特徴点周辺のパターンを投影することで、紙面の湾曲やカメラ運動による画像歪みの影響を排除した特徴点のテンプレート画像を作成する。次に、三次元空間内でユークリッド距離が一定の閾値以下となる特徴点の組に対して正規化相互相関を用いてパターンの類似度を判定し、類似度の高い特徴点の組を同一の特徴点として関連づける。最後に、これらの特徴点の関連情報を用いて動画像全体で再投影誤差の和を最小化することで、三次元復元精度を向上させる。また、これにより紙面の形状パラメータ  $(a_0, \dots, a_m)$  および最適次数  $m$  を更新する。

(4) 展開モザイク画像の生成: 多項式近似を行った曲面上にモザイク画像面を設定し、平面状に展開したモザイク画像を生成する。ここでは、以下に示す展開モザイク

画像面上の座標  $(u, v)$  と多項式近似曲面上の三次元座標  $(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$  の関係式を用いて曲面を平面に展開し、モザイク画像を生成する。 $u = \int_0^{\hat{x}} \sqrt{1 + \left\{ \frac{d}{dx} f(x) \right\}^2} dx, v = \hat{z}$ .

## 3 実験

校正済みのビデオカメラ (Aplux C104T) を用いて図 1 に示すような湾曲した紙面を動画像 (VGA, 15fps, 200 フレーム) として撮影し、平面状に展開したビデオモザイク画像を生成した。図 2 に撮影された入力動画像の一部を、図 3 に推定された紙面の形状を、また、図 4 に生成された展開モザイク画像を示す。同図から、湾曲した紙面から平面状に展開されたモザイク画像が生成できていることが確認できる。



図 1 対象の外観

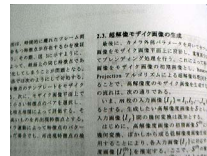


図 2 入力画像の 1 フレーム

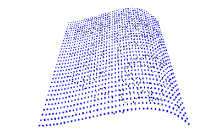


図 3 推定された紙面の形状



図 4 モザイク画像の生成結果

## 4 まとめ

一軸方向に湾曲した紙面を対象とした紙面形状の推定に基づくビデオモザイク手法を提案した。今後は、手法の評価と任意の曲面に適用可能な手法の開発を行う。

## 参考文献

- [1] D.Capel and A.Zisserman. Automated Mosaicing with Super-resolution Zoom. CVPR, pp.885-891, 1998.
- [2] 池谷, 中島, 佐藤, 池田, 神原, 横矢, 山田, カメラパラメータ推定による紙面を対象とした超解像ビデオモザイクング, MIRU2004, Vol.I, pp.505-510, 2004.
- [3] 佐藤, 神原, 横矢, 竹村, マーカと自然特徴点の追跡による動画像からのカメラ移動パラメータの復元, 信学論 (D-II), Vol.J86-D-II, No.10, pp.1431-1440, 2003.
- [4] 金谷, 幾何学的あてはめにおけるモデル選択, 信学論 (A), Vol.J84-A, No.11, pp.1385-1393, 2001.