

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

佐藤 智和^{†,††} 池谷 彰彦^{††} 池田 聖[†] 神原 誠之^{†,††}

中島 昇^{††} 横矢 直和^{†,††}

[†] 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 〒 630-0192 奈良県生駒市高山町 8916-5

^{††} NEC インターネットシステム研究所 〒 630-0101 奈良県生駒市高山町 8916-47

E-mail: [†]{tomoka-s,sei-i,kanbara,yokoya}@is.naist.jp, ^{††}{iketani,noboru}@cml.cl.nec.co.jp

あらまし 近年、ビデオモザイクに関する研究が盛んに行われており、ビデオカメラを用いて紙面や風景を動画像として撮影するだけ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りつつある。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おり、湾曲した紙面のような非平面に対するビデオモザイク手法の適用は困難であった。本稿では特徴点追跡に基づく三次元復元手法によって撮影対象の形状を自動で推定し、湾曲した紙面に対してもビデオモザイク画像を生成できる手法を提案する。

キーワード ビデオモザイク、形状推定、特徴点追跡、カメラ外部パラメータ推定

Video Mosaicing for Non-planar Surfaces Based on 3-D Reconstruction

Tomokazu SATO^{†,††}, Akihiko IKETANI^{††}, Sei IKEDA[†], Masayuki KANBARA^{†,††},

Noboru NAKAJIMA^{††}, and Naokazu YOKOYA^{†,††}

[†] Nara Institute of Science and Technology, 8916-5 Takayama-cho, Ikoma-shi, Nara, 630-0192 Japan

^{††} Internet System Lab., NEC, 8916-47, Takayama-cho, Ikoma-shi, Nara, 630-0101 Japan

E-mail: [†]{tomoka-s,sei-i,kanbara,yokoya}@is.naist.jp, ^{††}{iketani,noboru}@cml.cl.nec.co.jp

Abstract In recent years, several methods for video mosaicing have been developed by many researchers. However, these methods often assume that target object is planar or very far from the camera to avoid the disparity problem. In this paper, we propose a novel method that estimates shape parameter of the target surface by tracking feature points in the video sequence. Our method can generate unrolled mosaic image by using surface parameters and input images.

Key words video mosaicing, shape estimation, feature tracking, camera parameter estimation

1. はじめに

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。また、非平面を対象としたビデオモザイク手法も複数提案されている [3] ~ [5] が、対象の形状を計測するために、アクティブカメラやスリット光投影装置などの特殊な装置が必要であったり [3], [4]、手動による形状測定が必要である [5] という問題があった。そこで本稿では、特徴点追跡による Shape from motion 手法を用いることで、湾曲した紙面の三次元形状を自動推定し、平面状に展開した展開ビデオモザイク画像を生成する手法を提案する。

2. 湾曲した紙面に対するビデオモザイク

本手法では、特徴点追跡による三次元復元 [6] 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、同一の紙面における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、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 [6]。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一定半径内の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, 法線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の平均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 [7] を用いることで最適次数 m を自動で決定する. ただし, 対象となる紙面が複数の曲面で構成されている場合には, 局所的二次曲面当てはめによって得られた法線方向の不連続性に基づいて複数曲面の接続線を検出し, 複数の曲面に対してそれぞれ独立した形状パラメータを算出する.

(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.

$$u = \int_0^{\hat{x}} \sqrt{1 + \left\{ \frac{d}{dx} f(x) \right\}^2} dx, v = \hat{z} \quad (1)$$

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. 同図における文字の配列から, 湾曲した紙面から幾何学的に正しく平面状に展開されたモザイク画像を生成できていることが確認できる. しかし, 光学的には影の影響が残っているため, 未だ湾曲しているかのように知覚されやすい. 今後は, 推定形状に基づく影の影響の排除が課題である.

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, 展開モザイク画像における影の影響の排除および手法の評価が必要である.



図 1 対象の外観

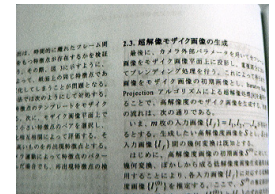


図 2 入力画像の 1 フレーム

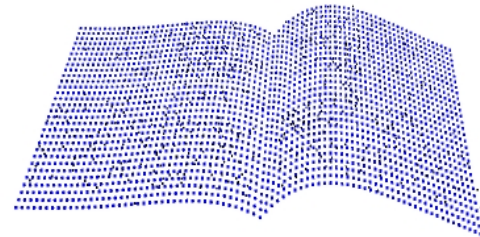


図 3 推定された特徴点の三次元位置と紙面の形状

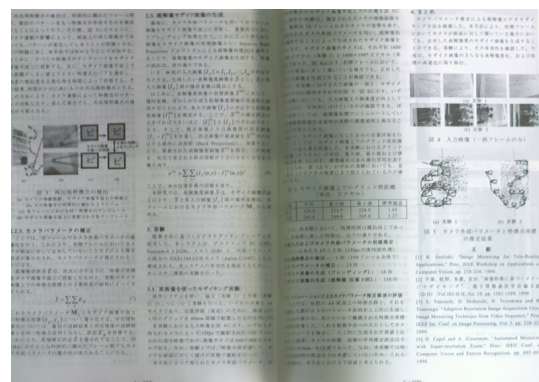


図 4 モザイク画像の生成結果

文献

- [1] D. Capel. Image Mosaicing and Super-resolution, Springer-Verlag, 2004.
- [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, 画像の認識・理解シンポジウム 2004 論文集 (MIRU2004), Vol.I, pp.505-510, 2004.
- [3] M. S. Brown and W. B. Seales. Document Restoration Using 3D Shape: A General Deskewing Algorithm for Arbitrarily Warped Documents, Proc. Int. Conf. on Computer Vision, Vol.II, pp.367-374, 2001
- [4] P. Grattano and M. Spertino. A Mosaicing Approach for the Acquisition and Representation of 3D Painted Surfaces for Conservation and Restoration purpose, Machine Vision and Applications, Vol.15, No.1, pp.1-10, 2003
- [5] W. Puech, A. G. Bors, J. M. Chassery and I. Pitas. Mosaicing of Paintings on Curved Surfaces, Proc. IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, pp.44-49, 1996
- [6] 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.
- [7] 金谷, 幾何学的当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.