

単眼カメラの動画像処理による 3次元モデル生成法に関する検討

高松 良光 加藤 誠巳
(上智大学 理工学部)

1 まえがき

3次元モデルは幅広い分野で応用されるようになってきた。その利用は医療、建築、ナビゲーションシステムなどあらゆるところに取り入れられている。また視覚的に認識するのに有効な手段の一つとして、今後も様々な場面で導入される可能性があり、3次元モデリングは将来的に必要不可欠な技術と言えよう。

デジタルカメラやパソコンの普及に伴い、誰もが容易に自分のデジタルカメラなどで動画を撮影にできるようになった。そこで本稿では単眼カメラにより撮影された動画像をもとに、動画像処理を施して3次元モデルを生成する手法を提案する。

2 システムの概要

2.1 システムの流れ

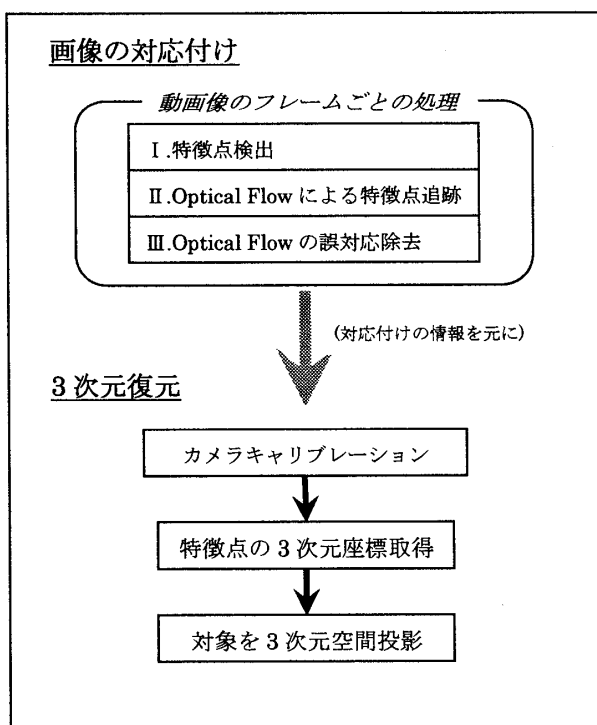


図1 システムの流れ

A Construction Method for a Three-dimensional Model by Video Image Processing Using a Monocular Camera
Ryohkoh TAKAMATSU, Masami KATO
Sophia University

3 システムの詳細

本システムでは Intel 社が開発・公開しているコンピュータビジョン向けライブラリ、OpenCV を利用した。画像処理やコンピュータビジョンのための一般的なアルゴリズムが C/C++ で記述されており、OS に依存しない API である。

3.1 画像の対応付け

3.1.1 特徴点検出

まず全ての入力画像のピクセルに対して、各隣接ブロックにおける導関数の共変動行列の最小固有値を計算する。次に 3×3 の隣接領域内の極大のみを残す。ある一定の値より小さい最小固有値をもつ特徴点を削除し、最後に最も強い特徴点から始まり、新しく着目した特徴点とそれ以前に対象とした特徴点群との距離が十分離れていることを確認する。

3.1.2 オプティカルフローによる特徴点追跡

特徴点に対する勾配法を用いたオプティカルフロー抽出を毎フレーム行った。これは Lucas-Kanade 法のピラミッド画像を用いた輝度勾配による探索手法で、サブピクセル精度で検出される。

3.1.3 オプティカルフローの誤対応除去

オプティカルフローを方向ベクトルとみなし、その大きさと角度により統計的に孤立値を除去した。フレームごとにフローの大きさと角度それぞれの標準偏差 σ を計算し、平均値から $\pm 3\sigma$ 離れているものを誤対応とみなし除去した。

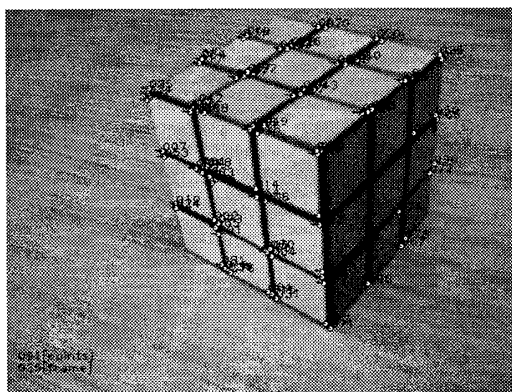


図2 特徴点の対応付け

3.2 三次元情報を取得

3.2.1 カメラキャリブレーション

Zhang の手法によりカメラキャリブレーションを行った。白黒のマスが交互に並ぶチェスボードパターンを用いて 10 枚撮影されたチェスボード画像のコーナーをそれぞれ対応付けることでカメラの内部パラメータ A と歪み係数 P を推定した。

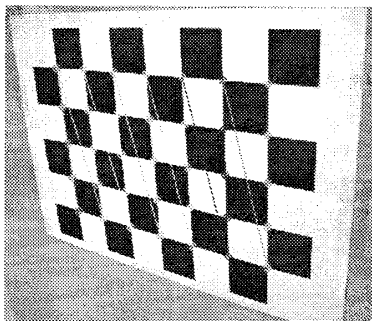


図3 チェスボードパターン画像

3.2.2 各パラメータの算出

対応付けされた特徴点とカメラの内部パラメータより基礎行列 E 、基本行列 F が求まり、3次元座標取得に必要な回転ベクトル R と並進ベクトル t が求められる。

これらにより、ある 3次元空間上の点を画像 1 に射影した点 $\tilde{x} = [x \ y \ 1]^T$ 、また別の画像 2 に射影した点 $\tilde{x}' = [x' \ y' \ 1]^T$ を与えることによって 3次元空間上の座標 $M = [X \ Y \ Z]^T$ を復元することができる。

$$M = B^{-1}b$$

ここで、

$$B = \left(2I - \frac{\tilde{x}\tilde{x}^T}{\tilde{x}^T\tilde{x}} - \frac{R\tilde{x}'\tilde{x}'^T R^T}{\tilde{x}'^T\tilde{x}'} \right)$$

$$b = \left(I - \frac{R\tilde{x}'\tilde{x}'^T R^T}{\tilde{x}'^T\tilde{x}'} \right) t$$

である。

最初のフレームから最後のフレームまで正しく追跡できた特徴点のみに対して 3次元座標を計算した。

3.2.3 三次元空間へ投影

取得した 3次元座標を元に対象モデルのポリゴンデータとテクスチャを VRML 形式で出力した。

4 実行例

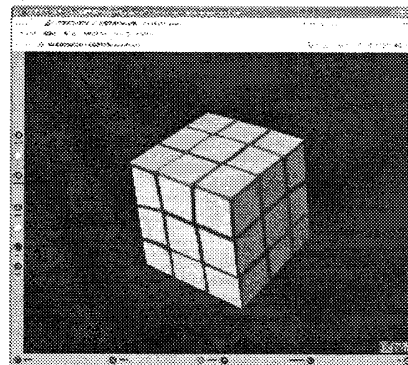


図4 対象モデルの3次元化

5 検討

本稿では単眼カメラの動画処理による 3次元モデル生成法に関して検討を行った。各フレームの画像の対応付けには、統計的に孤立値を除去した正対応のオプティカルフローのみを用いた。ただし追跡点がフレーム外に出たり他の物体に隠れて追跡が途絶えるケースには対応していないため、新しく検出・追跡した特徴点を利用することができれば 3次元座標はより信頼度が高いものとなる。

6 むすび

本稿では動画処理による 3次元モデル復元を OpenCV の関数を用いて実現した。全ての処理を全自動で行ったが、撮影条件やユーザからの何らかの補助データの入力があればさらにモデル復元の過程を容易に出来ると考えられるが、どこまでユーザに負担を負わせるか検討が必要である。

最後に、有益なご討論を戴いた本学 e-LAB/マルチメディア・ラボの諸氏に謝意を表す。

参考文献

- [1] T. Sato: "3-D Reconstruction from a Monocular Image Sequence by Tracking Features and Natural Features," NAIST-IS-MT9951049, 2000.
- [2] 徐, 辻: "三次元ビジョン," 共立出版, 1998.
- [3] 徐: "写真から作る 3次元 CG イメージベースド・モデリング&レンダリング," 近代科学社, 2001.
- [4] Z. Zhang: "A flexible new technique for camera calibration," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22(11):1330-1334, 2000.
- [5] 安仲, 玉木, 金田: "写真から復元した 3次元形状と地形データの位置合わせ," IPSJ SIG Technical Report, 2007-CVIM-159, 2004.