

# 透視投影モデルにおける単眼動画からの三次元復元

## 3D Reconstruction from a Monocular Image Sequence under Perspective Projection

佐藤 智和  
Tomokazu Sato

神原 誠之  
Masayuki Kanbara

竹村 治雄  
Haruo Takemura

横矢 直和  
Naokazu Yokoya

奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科  
Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology (NAIST)

### 1. はじめに

動画からの三次元復元は、物体認識、ロボット・ナビゲーション、複合現実感等、様々な分野への応用が可能である。そのため、因子分解法 [1] に代表されるような単眼動画から推定されたオプティカルフローを用いた三次元復元の研究が盛んに行われているが、広範囲を短時間で精度良く復元する手法は確立されていない。

そこで本稿では、入力として単眼動画を扱い、初期フレームにおいて三次元位置関係が既知の複数の基準マーカを利用することで三次元復元を行う手法を提案する。本手法では、透視投影モデルを仮定し、線形解法を用いることで高速に広範囲の復元を行う。

### 2. 透視投影モデルにおける三次元復元

提案手法の処理の流れを図 1 に示す。提案手法では、初期フレームにおいて三次元位置が既知の自然特徴点を複数個指定し、基準マーカとして追跡を行うことでカメラパラメータを推定する。同時に他の自然特徴点の検出・追跡を行い、先に求めたカメラパラメータから自然特徴点の三次元位置を逐次推定する。初期フレームにおいてマーカとして指定した自然

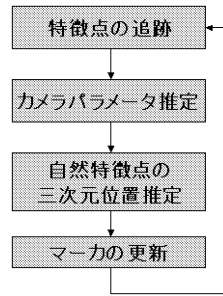


図 1: 処理の概要

特徴点が、オクルージョンやフェードアウト等により追跡不可能となった場合には、追跡されている自然特徴点から信頼度の高いものを新たなマーカとしてカメラパラメータを推定する。以下、各処理について詳述する。

#### 2.1 カメラパラメータの推定

カメラパラメータは、三次元位置と画像上の座標が既知のマーカが 6 点以上あれば、最小二乗法により線形に求めることができる [2]。しかし、この手法はカメラの基底ベクトルが単位直交基底を成すという条件を満たしていないため、カメラ位置に関してノイズに敏感である。そこで推定されたカメラ位置の誤差が主としてカメラの光軸方向に含まれることに着目し、真のカメラ位置が推定された光軸上に存在すると仮定して補正を行う。その際、マーカの画像上の座標を空間に逆投影した直線とマーカの三次元位置の距離が最小となる光軸上の位置をカメラ位置とする。

#### 2.2 自然特徴点の三次元位置推定

推定されたカメラパラメータと自然特徴点の画像上の座標から、その自然特徴点の三次元位置を推定する。本稿では、自然特徴点が追跡された全フレームにおいて自然特徴点の画像上の座標と投影中心を結び直線を考え、それらの直線との距離の二乗和が最小となる点を推定位置とする。

#### 2.3 マーカの更新

初期フレームにおいて指定した基準マーカの追跡が不可能となった場合、三次元位置が推定されている自然特徴点から信頼度の高いものを新たにマーカとして選択する。信

頼度の算出には、推定されている特徴点の三次元位置を画像上に再投影した座標と画像上で観測された座標の距離および、前節において特徴点の位置推定に用いた直線群の成す角の最大値を用いる。

### 3. 実験

実験は、図 2 に示す実環境を手持ちのビデオカメラで撮影した動画 267 枚 (720×240 画素) を入力とした。予備実験では、各入力画像に対する自然特徴点の検出および追跡は手動で行い、図 2 における 6 点の印をマーカ、×印で示す点を自然特徴点として指定し、追跡を行った。初期フレームで指定したマーカに対するカメラ位置を図 3(a) に、指定した自然特徴点の三次元復元結果に対して、テクスチャを張った結果を図 3(b) に示す。

図 3(a) から分かるように、カメラ位置はほぼ正確な位置に推定されているが、推定に用いるマーカが切り替わる際に推定位置が滑らかに変化しない部分が確認できた。また、図 3(b) に示すように広範囲における形状復元が行えた。しかし、追跡フレーム数の少ない自然特徴点の中には大きな誤差の含まれるものも存在した。

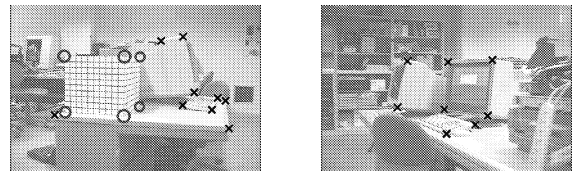


図 2: 入力画像

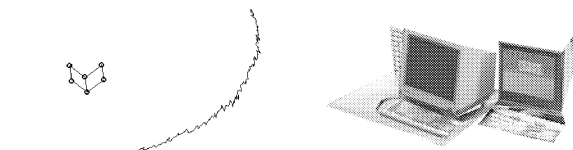


図 3: 実験結果

### 4. まとめ

本稿では、初期フレームにおいて指定したマーカからカメラパラメータを推定し、三次元位置が推定された自然特徴点を新たなマーカとして利用することで動画から三次元復元を行う手法を提案した。実験により、透視投影モデルを仮定した広範囲のカメラパラメータ推定と自然特徴点の三次元復元を行い、本手法の有効性を確認した。しかし、同一平面付近にマーカが分布するとカメラパラメータの推定精度が著しく低下するという問題がある。今後は、マーカの分布によらない推定手法の検討および、自然特徴点の追跡の自動化を行う予定である。

#### 参考文献

- [1] C. Tomasi and T. Kanade, "Shape and Motion from Image Streams under Orthography: A Factorization Method," International Journal of Computer Vision, Vol. 9, No. 2, pp. 137-154, 1992.
- [2] 出口 光一郎, "射影幾何学による PnP カメラ補正問題の統一解法", 情報シンポジウム, Vol. 90, pp. 41-50, 1990.