

# 環境カメラ画像情報を用いたモバイルカメラの位置・姿勢推定

濱田 修平<sup>†</sup> 北原格<sup>†</sup> 亀田能成<sup>†</sup> 大田友一<sup>†</sup>

筑波大学 大学院システム情報工学研究科<sup>†</sup>

## 1. はじめに

カメラの位置・姿勢推定は、現実世界に仮想世界の見え方を重畳する複合現実感の重要な研究課題である。これまで、環境に設置した特定のビジュアルマーカを撮影する手法[1]や、3次元位置センサを併用する手法[2]などが開発されているが、実利用を考えた場合、特殊なセンサを用いず、画像中に写りこんだ自然特徴量を手がかりに位置合せを行う手法がより好ましいと考えられる。我々は、環境カメラによって撮影した画像が有する画像特徴量を利用することにより、3次元位置センサやビジュアルマーカを用いることなく、モバイルカメラの位置・姿勢を推定する手法の研究に取り組んでいる。

## 2. 環境カメラ画像を利用したモバイルカメラの位置・姿勢推定手法

本稿では、複数の環境カメラで撮影した画像が有する画像特徴量を用いて、モバイルカメラの位置・姿勢関係を求める手法を提案する。提案する位置・姿勢推定処理に必要な入力情報は、モバイルカメラの画像と、その撮影タイミングと同期して撮影された2台の環境カメラ画像である。モバイルカメラ画像と同じタイミングで撮影した環境カメラ画像を用いて位置合わせを行うため、照明条件の変化に対してロバストであり、また、撮影空間に移動物体が存在するようなシーンへの適用が可能である。

提案手法の処理の流れを図1に示す。まず、カメラキャリブレーション済みの環境カメラの画像中から SIFT 特徴点を抽出する。この特徴点を用いて2台の環境カメラ画像間の対応点探索を行い、ステレオ法により特徴点の3次元座標を推定する。SIFT 情報に推定3次元情報を関連づけた“3次元情報付特徴点群”を生成する。モバイルカメラ画像においても同様に SIFT 特徴点の抽出を行い、その SIFT 情報と3次元情報付特徴点群の SIFT 情報のマッチングを行うことにより、3次元空間中の点とモバイルカメラ画像上での観測点の組み合わせを獲得し、位置・姿勢

の推定を行う。

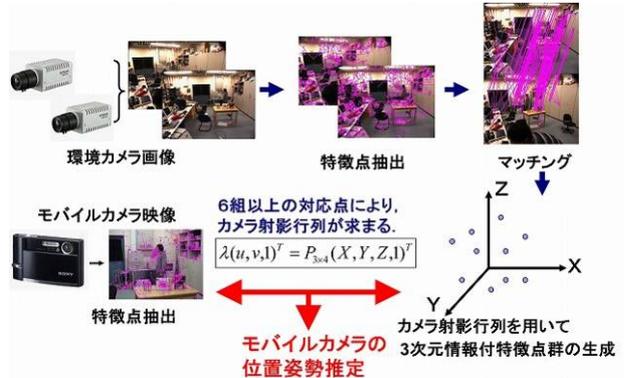


図1：処理の流れ

## 3. 3次元情報付特徴点群の生成

### 3.1. カメラキャリブレーション

環境カメラは、あらかじめキャリブレーションが行われ、それぞれのカメラの内部・外部パラメータ及び、射影変換行列  $P$  は既知であるものとする。

### 3.2. SIFT 特徴点の抽出

環境カメラで撮影した画像に対して、特徴点の抽出を行う。本研究での特徴点抽出には SIFT[3] を用いる。SIFT は局所不変特徴量を抽出する一手法であり、画像の拡大縮小、照明変動、視点の変化に強いという特長を有する。光学特性の異なる複数のカメラで撮影した画像間における対応点探索処理では、SIFT の持つ不変性が有効に機能することが期待される。

### 3.3. 特徴点マッチング

SIFT 特徴点同士のマッチングは、SIFT 鍵の値に最近傍探索を適用することによって行う。特徴量間の距離として、記述子間のユークリッド距離を用い、距離が最小となるものからマッチングの候補とする。

### 3.4. 3次元座標の推定

2枚の画像において、共通の対応点が観測されている場合、ステレオ視によってその対応点の3次元座標を推定することができる。本手法では、3.1節で紹介した射影変換行列  $P$  と、3.3節で

<sup>†</sup>Pose Estimation of a Mobile Camera by Using Visual Features in Environmental Camera Images

Shuhei HAMADA<sup>†</sup> Itaru KITAHARA<sup>†</sup>

Yoshinari KAMEDA<sup>‡</sup> Yuichi OHTA<sup>‡</sup>

Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba<sup>†</sup>

説明した画像間の対応点情報を用いて、SIFT 特徴点の 3 次元座標を求める。環境カメラ画像中の全ての対応点について 3 次元座標情報を推定し、撮影空間中の 3 次元情報付特徴点群を生成する。

#### 4. モバイルカメラ位置・姿勢推定

モバイルカメラの位置・姿勢の推定は、以下の手順で行う。

1. モバイルカメラ画像より SIFT 特徴量を抽出する。
2. 1 で抽出した SIFT 特徴点と 3.4 節で説明した 3 次元情報付特徴点群との SIFT 鍵を用いてマッチングを行う。
3. マッチした点の画像上の観測座標と 3 次元情報付特徴点群での 3 次元座標の関係からモバイルカメラの位置・姿勢を推定する。

SIFT による特徴点の抽出およびマッチング処理は 3.2, 3.3 節で説明した手法をモバイルカメラ画像にも適用し、モバイルカメラ画像中の観測座標と撮影空間の 3 次元座標の対応点が求まる。

画像上の位置  $(u, v)$  とそれに対応する空間中の位置  $(X_w, Y_w, Z_w)$  の組が最低 6 個わかれば、カメラ射影行列  $\mathbf{P}$  を求めることができる。以上の処理により、モバイルカメラのキャリブレーションが実現される。

#### 5. 実験

##### 5.1. 実験環境

撮影実験で用いたカメラは、モバイルカメラとして Sony 製デジタルカメラ DSC-T30 (2048×1536 画素) を、環境カメラとして PGR 社製の IEEE-1394 デジタルカメラ Scorpion(1280×960 画素) 2 台を使用する。撮影は屋内で行い、環境カメラは、1.4 m の高さに約 1 m の間隔で同じ空間を重複して撮影するように設置してある。

##### 5.2. モバイルカメラのカメラ射影行列の獲得

環境カメラ画像間での SIFT 特徴点の抽出を行い、それらのマッチングを行う。環境カメラ L, 環境カメラ R の画像で特徴点を抽出し、マッチングにより 142 点の対応点を獲得した。獲得した対応点とカメラキャリブレーションより求めたカメラ射影行列より、対応点の 3 次元座標を計算する。

モバイルカメラ画像に対して SIFT 特徴点の抽出を行い、5250 点の特徴点を抽出した。さらに、

環境カメラの SIFT 特徴点間の対応点と、モバイルカメラの SIFT 特徴点のマッチングを行った結果、20 点の対応点を獲得することができた。目視で確認した結果、そのうち 15 組の点は正しく対応が取れていることがわかった。獲得した対応点の組に対し最小二乗法を用いてモバイルカメラのカメラ射影変換行列を求めた。

さらに、獲得したモバイルカメラの射影変換行列を用いて、実空間中に存在する机の上に仮想物体を CG で重畳させた結果を図 2 に示す。再投影誤差は 10 画素以内だった。

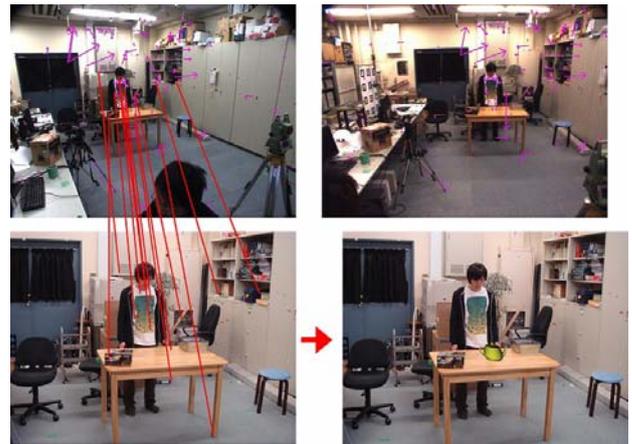


図 2：モバイルカメラ画像での机上へ CG 重畳

#### 6. おわりに

本研究では、環境カメラから得られる情報を用いてモバイルカメラの位置・姿勢を推定する手法を提案した。SIFT 特徴量を用いて撮影環境の 3 次元情報を持った特徴点群を生成することにより、特殊なセンサを必要とせず、画像中の自然特徴量を用いて、様々な環境下にロバストに対応可能なモバイルカメラのカメラ射影行列を求め、複合現実感を実現した。

#### 参考文献

- [1] 加藤, Billinghamurst, 浅野, 橘啓, “マーカ追跡に基づく拡張現実感システムとそのキャリブレーション”, TVRSJ, Vol.4, No.4, pp.606-616, 1999.
- [2] S. Feiner, B. MacIntyre, and D. Deligmann, “Knowledge-based Augmented Reality”, Communications of the ACM, Vol. 36, No. 7, pp. 53-63, 1993.
- [3] D. G. Lowe, “Object recognition from local scale-invariant features,” Proc. 7<sup>th</sup> Int. Conf. on Computer Vision, ICCV’99, vol. 2, pp. 91-110, 2004.