

H-040

## 赤外線マーカを用いた任意光源下の物体トラッキング Object Tracking under Arbitrary Illumination Using Infrared Markers

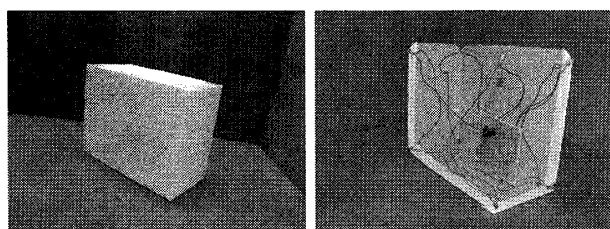
広瀬 真一\*      青森 久\*      松田 一朗\*      伊東 晋\*  
Shinichi HIROSE      Hisashi AOMORI      Ichiro MATSUDA      Susumu ITOH

### 1. はじめに

近年、プロジェクタを用いて実世界の物体に映像を投影することで、ユーザにヘッドマウントディスプレイ (HMD) などの装着を強いることなく、より自然に拡張現実感を呈示する技術の研究が行われている [1]. この技術においては、投影される映像の干渉を受けるため、移動・回転を伴う対象物体の位置や姿勢を画像処理によって取得することは困難である. この問題を解決するため、文献 [2] では赤外線 LED を板状のスクリーンの角に取り付け、これを可視光に干渉されないマーカとして利用している. しかし、この手法はスクリーンの面が常にユーザの方に向いていることを前提としており、立体形状を回転させながら任意の方向から観察するといった用途には向いていない. 本稿では、[1] と同様に全方向から観察可能な直方体を対象物体とし、その3次元位置および姿勢を、赤外線 LED を利用したマーカを用いてリアルタイムに追跡するシステムを試作したので報告する.

### 2. システムの概要

本手法では、図1 (a) に示すような白色の直方体を追跡対象とする. 各頂点には三角形の窓と拡散板が取り付けられており、図1 (b) のように内部に設置した赤外線 LED を点灯することにより、赤外線透過フィルタを装着したカメラを通して図2のような照明環境に影響されない入力画像を得ることができる. この直方体の3次元空間上の位置および姿勢を評価するため、図3のように頂点の窓形状に対応した特徴点群  $\{v_k \mid k = 1, 2, \dots, 32\}$  で構成される3次元モデルを考える.



(a) 外観      (b) 赤外線 LED  
図1 対象物体

本手法では、このモデルの位置および姿勢を直方体の中心座標  $c = (X, Y, Z)$  および回転角に対応した四元数か

\*東京理科大学 理工学部 電気電子情報工学科

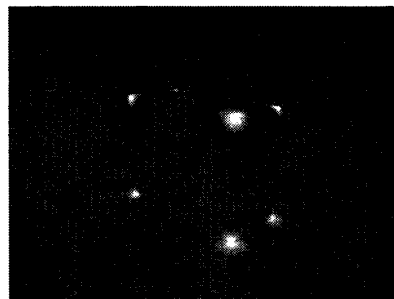
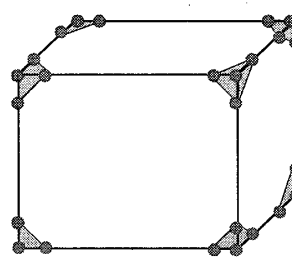


図2 入力画像



● 特徴点

図3 3次元モデル

らなる7次元の状態ベクトルで記述し、これをパーティクルフィルタの理論 [3, 4] に基づいて入力画像より推定している.

### 3. パーティクルフィルタのための尤度評価

入力画像に対して FAST オペレータ [5] を適用し、赤外線 LED により発光する窓の頂点を抽出する. 更に、これらの抽出点に対してガウス関数による膨張処理を施すことで、画像平面上での特徴点の分布確率に相当する尤度マップ  $L(x, y)$  を生成する. 状態ベクトルに基づいて画像平面に投影された特徴点群の2次元座標を  $(x_k, y_k)$  ( $k = 1, 2, \dots, 32$ ) としたとき、このパーティクルの尤度は次式によって評価される.

$$p_i \propto \exp\left(\sum_{k=1}^{32} \beta_k \cdot L(x_k, y_k)\right) \quad (1)$$

ここで、 $\beta_k$  は各特徴点の見え方を判定する係数である.  $\beta_k$  の値は、基本的に直方体の陰面判定処理によって求めることが可能であるが、本稿ではより複雑な形状への対応を容易にするため、直方体の中心から見た各特徴点とカメラの方向に基づいた次式を採用する [6].

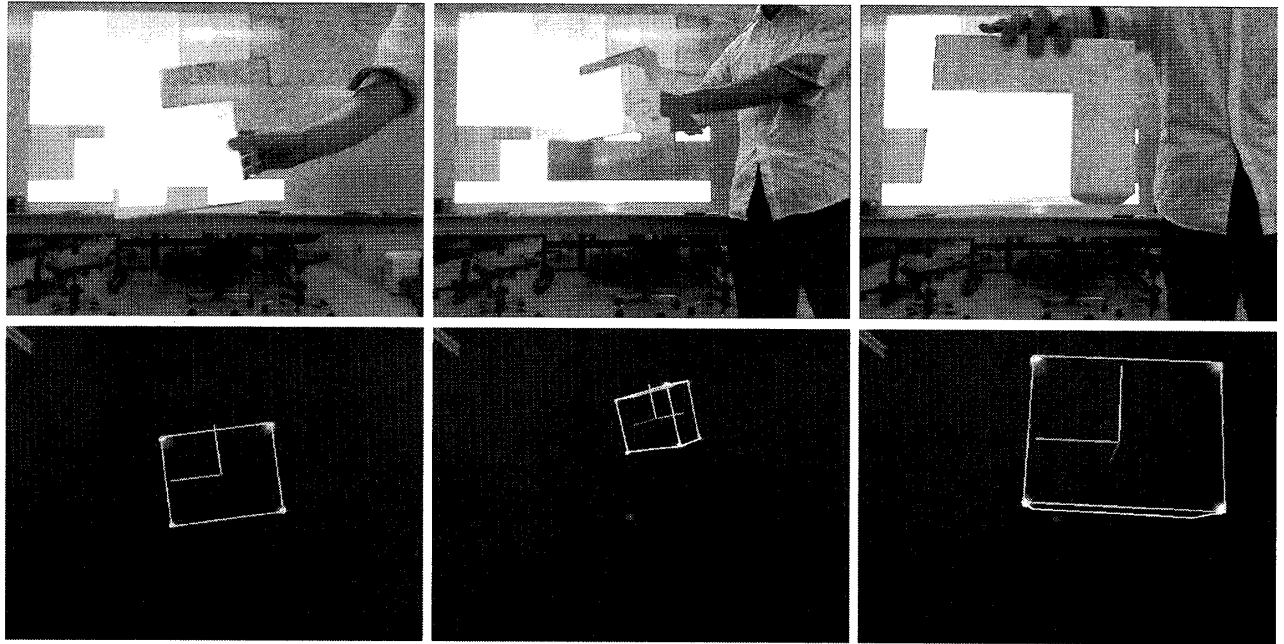


図4 追跡結果

$$c_j = 1 + \frac{\langle \mathbf{v}_k - \mathbf{c}, \mathbf{o} - \mathbf{v}_k \rangle}{\|\mathbf{v}_k - \mathbf{c}\| \cdot \|\mathbf{o} - \mathbf{v}_k\|} \quad (2)$$

$$\beta_j = \frac{c_j}{\sum_{k=1}^{32} c_k} \quad (3)$$

但し、 $\mathbf{o}$  はカメラの光学中心の座標である。最終的に上記の尤度  $p_i$  で重み付けられた  $N$  個のパーティクル ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) の重心が追跡結果として得られる。なお、本手法では次フレームの状態の予測モデルとしてランダムウォーク [3] を採用している。

#### 4. 実験結果および考察

本手法を C 言語を用いてソフトウェア実装し、プロジェクタからカラーパターンが投影されている環境下で実験を行った。実験に使用した機材は、以下の通りである。

- ・ PC: (Core2Duo-T7500 2.20GHz, mem:2.0GB)
- ・ USB カメラ (640 × 480 画素)
- ・ 赤外線 LED(ピーク波長 940[nm])
- ・ 赤外線透過フィルタ (透過波長 > 860[nm])

まず、本手法の平均処理時間を計測した結果、パーティクル数を  $N = 1500$  と設定した場合で 1 フレーム当たり約 18 ms となり、十分リアルタイム性を確保できる水準であった。次に、推定結果を図 4 に示す。図の上段は通常のカメラで撮影した画像、下段はほぼ同時刻に赤外線

透過フィルタを装着したカメラで撮影した画像上に、本手法によって追跡された直方体をワイヤフレームで描画した結果である。これより、プロジェクタの投影パターンに影響されることなく、安定した追跡が可能であることがわかる。今後は、取得した直方体の位置および姿勢情報に同期した映像情報を投影することで、拡張現実感を呈示するシステムの実現に向けて、更に検討を加える予定である。

#### 【参考文献】

- [1] 小出 他: “移動物体への映像投影システムの構築” 映像情報メディア学会技術報告, Vol.26, No.27, pp.7-12, Mar. 2002
- [2] J. C. Lee et al.: “Moveable Interactive Projected Displays Using Projector Based Tracking”, Proc. of ACM UIST '05, pp.63-72, Oct. 2005
- [3] 加藤丈和: “パーティクルフィルタとその実装法”, 情報処理学会研究報告, CVM-157, pp.161-168, Jan. 2007
- [4] 樋口知之: “粒子フィルタ”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.88, No.12, pp.989-994, Dec. 2005
- [5] E. Rosten et al.: “Machine Learning for High-Speed Corner Detection”, Proc. of ECCV '06, Vol.1, pp.430-443, May 2006
- [6] 酒井 他: “多重解像度の FAST 特徴を用いた顔の 3 次元位置推定”, ViEW2008, I-18, pp.134-139, Dec. 2008