

1. はじめに

SIFT[1] を用いた特徴点追跡手法 [2] が提案され、スケール変化に対して頑健に追跡することが報告されている。しかし、非剛体上にある特徴点の周辺の形状情報が変化すると、追跡が困難になるという問題がある。そこで、本研究では非剛体上の特徴点追跡の高精度化を目的として、特徴量の表現分解能を適応的に変化させて追跡する手法を提案し、その有効性を示す。

2. 分解能探索による特徴点追跡

SIFT 特徴量は、特徴点の周辺領域をブロックに分割し、各ブロックから勾配方向ヒストグラムを算出したものを特徴量とする。提案手法では、形状変化に対して適切な分解能による特徴量を推定することで、非剛体の物体に対して頑健な追跡を行う。提案手法の流れを図1に示す。本手法では、特徴点の移動先と特徴量を表現する最適な分解能を2段階にパーティクルフィルタで探索し特徴点を追跡する。

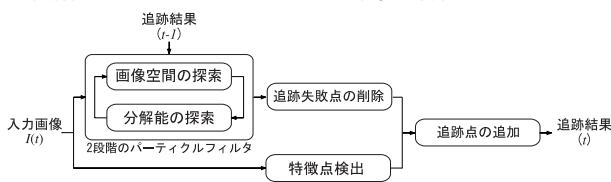


図 1：提案手法の流れ

2.1. 異なる分解能による特徴量の抽出

特徴量算出には、SIFT の特徴量記述をベースとする。通常の SIFT 特徴量は図 2(a) に示すように、スケール探索により決定された一定領域から勾配方向を算出し、4 × 4 に分割した各ブロックから 8 方向の勾配方向ヒストグラムを作成する。提案手法では、特徴量の分解能を可変にするため、SIFT によって得られた特徴点のスケール内を D × D に分割した各ブロックから勾配方向ヒストグラムを算出する。D の値が小さいと物体の形状変化に鈍感な特徴量となり、大きいと物体の形状変化に敏感な特徴量となる。

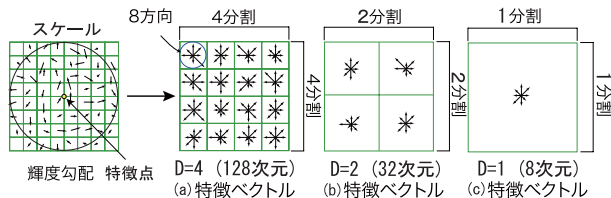


図 2：異なる分解能における特徴量の抽出

2.2. 画像空間の探索

特徴量ベクトルの類似度を尤度としパーティクルフィルタにより特徴点の追跡を行う。パーティクルフィルタは、過去の情報と現在の観測情報から現在の状態推定を行う手法である。時刻 t における追跡対象の位置や形状を確率変数とする確率密度を粒子群で近似し、確率分布を各時刻で推定することで追跡を実現する。

- Step1. 初期化 SIFT により特徴点を算出し、 N 個のパーティクルを生成
- Step2. 予測 パーティクルを状態遷移モデルに基づき移動
- Step3. 観測 各パーティクルから分解能 D_{t-1} により特徴量を取得
- Step4. 尤度計算 各パーティクルより取得した特徴量と前状態の特徴点の特徴量から類似度を計算し尤度を算出
- Step5. 移動先の推定 各パーティクルの尤度を重みとした重み付き平均を求め、画像空間の移動先 (\hat{x}_t, \hat{y}_t) を推定

2.3. 分解能空間の探索

画像空間の探索により求めた追跡点位置 (\hat{x}_t, \hat{y}_t) における特徴量の最適な分解能を探索する。特徴量の分解能 D を変化させて、各 D における特徴量とテンプレートの特徴量の類似度を計算する。この類似度を用いて、パーティクルフィルタにより、追跡物体に最適な特徴量の分解能を推定する。初期の分割数は SIFT 特徴量と同様に $D=4$ で行う。パーティクル数は、スケールから決定される最大の分割数である。

2.4. 繰り返し処理

画像空間と分解能空間において交互に探索を行い、現フレームで最適な位置と分解能を求める。画像空間と分解能空間の移動量が閾値以下になるまで繰り返す。

3. 評価実験

合成画像を用いた実験と、非剛体である人の特徴点追跡実験を行い、提案手法の有効性を示す。

3.1. 実験方法

提案手法の精度を定量的に評価するため、合成画像による実験を行う。背景画像に追跡対象画像を時間変化に従い、平行移動、スキューした合成画像を生成する。比較対象は、提案手法、高分解能 ($D=\max$)、低分解能 ($D=1$) である。さらに、非剛体である人の追跡実験を行う。100 フレームにおいて人の追跡に成功している追跡点を目視によりカウントし精度を評価する。

3.2. 実験結果

追跡精度の実験結果を図 3 に示し、人の特徴点追跡結果を図 4 に示す。図 3(a) の平行移動では、提案手法が最も良い結果となった。これは、分解能が一定値に収束しており、剛体である追跡対象の最適な分解能が推定されたためである。一方、図 3(b) では、形状の変化が生じるため高い分解能から低い分解能へ遷移している。これは、形状変化を吸収するために、低い分解能による特徴表現が選択されたためである。人の特徴点追跡では、成功した追跡点の数が高分解能 38 個、低分解能 45 個、提案手法 50 個となり、提案手法が最も高い精度である。

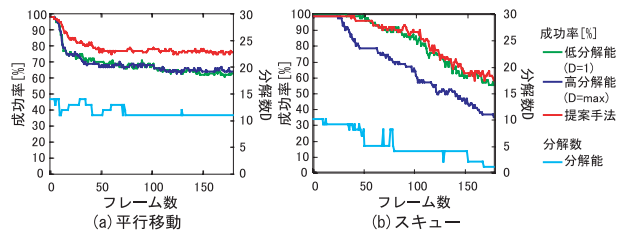


図 3：特徴点追跡精度



図 4：非剛体 (人) 上の特徴点追跡例

4. おわりに

特徴量の表現分解能を適応的に変化させて特徴点を追跡する手法を提案した。提案手法は、追跡物体に最適な特徴量の分解能を探索することにより、非剛体の追跡に対して高精度に追跡することを確認した。今後は、人の姿勢変化に頑健な追跡手法の検討を予定している。

参考文献

[1] D. Lowe, "Distinctive image features from scaleinvariant keypoints", Proc. of International Journal of Computer Vision (IJCV), 60(2), pp.91-110,2004.
 [2] 都築勇司, 藤吉弘巨, 金出武雄: SIFT 特徴量に基づく Mean-Shift 探索による特徴点追跡, 情報処理学会論文誌 CVIM 20, Vol.49, No.SIG-6, pp.35-45, 2008.