

1. はじめに

動画における移動体追跡法として、パーティクルフィルタ [1] が提案されている。追跡対象の色特徴を用いたパーティクルフィルタでは、対象物体と類似する物体が探索領域範囲内に侵入すると追跡が困難となる。そこで、本研究では混合正規分布モデルを用いた類似物体判別に基づくパーティクルフィルタによる物体追跡法を提案する。

2. パーティクルフィルタを用いた移動体追跡

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 $s_t^{(i)} = (x_t^{(i)}, \pi_t^{(i)})_{i=1}^N$ 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。本手法では各粒子の状態量を対象の予測位置として座標 $x^{(i)} = (x, y)^T$, $\pi^{(i)}$ を粒子の重みとする。以下に追跡アルゴリズムを示す。

- Step1. 状態遷移モデルに基づき粒子を遷移
- Step2. 各粒子による HSV ヒストグラムの観測
- Step3. 前状態の対象物体矩形より取得した参照ヒストグラムと観測結果を比較し、粒子の尤度 $L_t^{(i)}$ を取得
- Step4. 尤度を重みとした各粒子の重み付き平均より対象物体の重心位置を推定
- Step5. 対象物体の重心位置から矩形を作成し、次状態推定のための参照ヒストグラムを更新
- Step6. 尤度の高い順に粒子の尤度の高さに比例した確率で N 個の粒子を選択

問題点 粒子の遷移範囲内に類似パターンを持つ物体が観測された場合、尤度が各物体毎に高くなる。そのため、尤度分布は図 1 に示すように物体数分の山を持つ形状となる。

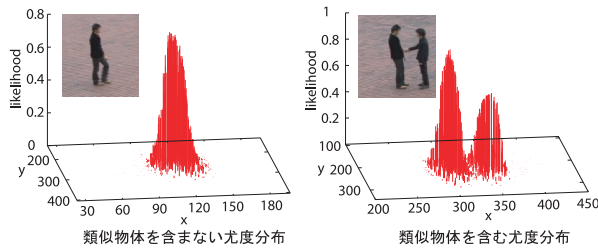


図 1: 尤度分布

類似物体を含む尤度分布から対象物体の位置を求めた場合、その結果は対象物体から外れ、追跡が破綻する。そこで、提案手法はこの尤度分布が対象物体と類似物体の尤度で構成されていることに着目する。各物体の尤度を混合正規分布モデルを用いて判別することにより、追跡の破綻を防ぐ。

3. 混合正規分布モデルによる物体判別

混合正規分布モデルとパラメータ推定 類似物体の情報を含む尤度分布から尤度が高い粒子の選択を行う。尤度が高い粒子群の座標を特徴ベクトルから、 K 個の正規分布の重み付き線形結合による混合正規分布モデルを推定する。 K 個の成分からなる 2 次元の混合正規分布パラメータを $\Phi = (\alpha_j \phi_j)_{j=1}^K$, $\phi = (\mu \Sigma)$ とし、尤度が最大となるパラメータ Φ_{ML} を EM アルゴリズムにより推定する。

$$\Phi_{ML} = \arg \max_{\Phi} \sum_{j=1}^K \alpha_j \eta(x; \phi_j) \quad (1)$$

$$\eta(x; \phi_j) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^2 |\Sigma_j|}} \exp\left\{-\frac{1}{2}(x - \mu_j)^T \Sigma_j^{-1} (x - \mu_j)\right\} \quad (2)$$

$\eta(x; \phi_j)$ は平均ベクトル μ_j , 共分散行列 Σ_j の正規分布成分である。 α_j はそれらの混合比であり $\sum_{j=1}^K \alpha_j = 1$ ($0 \leq \alpha_j < 1$) を満たす。図 2 に、粒子の存在位置とフィッティングした混合正規分布モデルを示す。

正規分布の統合 物体が K 個以下の場合、同じ領域に複数の正規分布が当てはめられることになる。そこで、同領域に当てはめられている同じパラメータを持つ正規分布を同一物体の状態量に属するものとして統合する。これにより、物体数に対応した正規分布の数を求めることができる。

尤度が高い粒子の選択 正規分布の収束過程 フィッティング結果

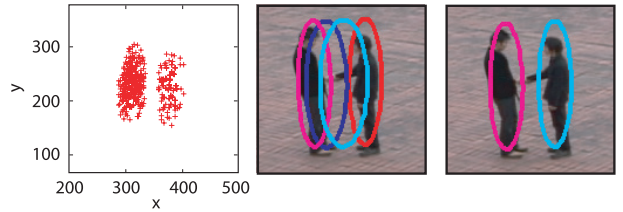


図 2: 混合正規分布モデルの当てはめ

対象尤度分布の作成 各正規分布の中心と前状態の対象物体推定位置の中心座標との距離を測定し、最も近い正規分布を対象物体と判別する。選択された正規分布成分 $\eta(x_t; \phi_d)$ と尤度分布を掛け合わせることで、対象物体のみを考慮した尤度 $\pi_t^{(i)}$ を次式により算出する (図 3 参照)。

$$\pi_t^{(i)} = L_t^{(i)} \eta(x_t; \phi_d) \quad (3)$$

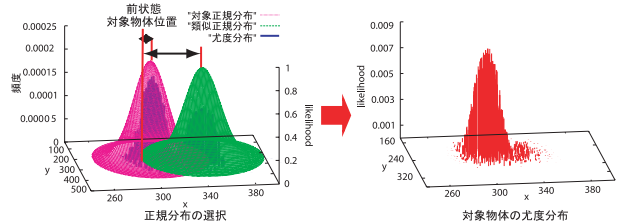
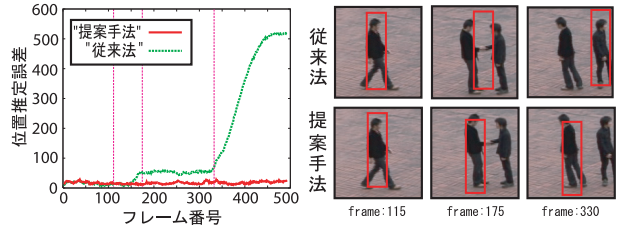


図 3: 対象物体尤度分布の作成

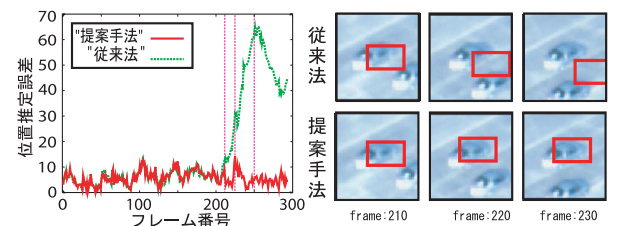
この対象物体尤度分布の尤度 $\pi_t^{(i)}$ を重みとした粒子の重み付き平均より対象物体の推定値を求める。

4. 評価実験

類似物体が接近する際の対象物体追跡について、従来法と提案手法の比較を行う。



(a) 人追跡実験



(b) 車追跡実験

図 4: 実験結果

図 4(a) 人追跡実験では 150 フレーム付近、図 4(b) 車追跡実験では 210 フレーム付近から類似物体が接近するため、従来法では誤差が増大する。一方、提案手法は類似物体が存在する場合においても混合正規分布モデルを用いることで類似物体を判別できるため、正確な追跡が可能である。

5. おわりに

本研究では、類似物体に頑健な移動体追跡法について提案した。類似物体の情報を含む尤度分布から尤度の高い粒子を混合正規分布でモデル化し、推定された正規分布と尤度分布を掛け合わせることで、頑健な対象物体追跡が可能であることを確認した。

参考文献

[1] M.Isard et al.: "Condensation - Conditional density propagation for visual tracking" Proc. of IJCV, Vol. 29, No.1, pp. 5-28, 1998.