

# パーティクルフィルタを用いた3次元物体の移動位置推定

## Localization of a Moving Object in 3D Space Using a Particle Filter

春木 明\*, 鈴木 幸司\*, 佐藤 恵一\*

Akira HARUKI\*, Yukinori SUZUKI\*, Kei-ichi SATO\*

\* 室蘭工業大学大学院

\* Graduate School, Muroran Institute of Technology

### 1 はじめに

3次元空間を移動する物体の位置推定は、人物や自動車の自動監視システムなど様々な応用が期待されている。動画画像から注視する物体の3次元位置を推定することは困難であるが、パーティクルフィルタを用いることにより環境変動やノイズに対してロバストで非線形な推定が可能である。

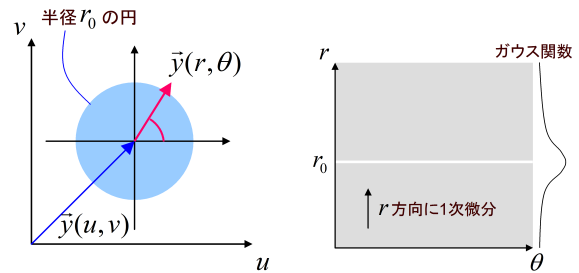
従来は観測の処理を背景差分等により行っていたが、複数の物体が動く場合に正しい観測ができないという問題がある。そこで、注視する物体が球形と仮定し、観測において球の輪郭を抽出することにより、複数の物体が動く場合でも正しい観測が可能な方法を考案した。

本研究ではパーティクルフィルタを用い、複数のカメラにより取得した動画画像から注視する物体の3次元位置の推定を目的とし、考案した手法を用いた実験により注視する物体の位置推定の妥当性について検討する。

### 2 パーティクルフィルタを用いた移動位置推定

パーティクルフィルタは、パーティクルと呼ばれる状態ベクトルを多数分布させ、前状態のパーティクルと観測情報から現在の状態を推定する手法である。パーティクルフィルタのアルゴリズムは大きく分け、予測・観測・フィルタの3つがあり、各フレームについて行う。予測の処理では、前の状態ベクトルにノイズを加え状態を変化させる。観測の処理では、各パーティクルの尤度を観測情報から求め、各パーティクルの重みを計算する。フィルタの処理では、重みに従いパーティクルを復元抽出する [1]。

本研究において、パーティクルフィルタの処理は以下のようにして行う。パーティクルは注視する物体の位置ベクトルとし、3次元の座標を表す。観測情報は2つのカメラから取得した動画画像および背景画像とする。パーティクルフィルタを計算するためにはパーティクルの初期分布を決定しておく必要があり、パーティクルの位置を測定することにより初期分布を決定する。



(a) 極座標への変換 (b) 極座標での1次微分  
図1: 尤度の計算

#### 2.1 予測

予測の処理では、注視する物体が様々な方向へ動く可能性を考慮し、パーティクルをランダムウォークさせる。

#### 2.2 観測

次に観測の処理では、各パーティクルをワールド座標から各画像座標上へ透視投影し尤度を求め、重みを計算する。重みは求めた尤度を0から1の範囲に正規化して生成する。ワールド座標は基準となる3次元の座標系、画像座標は画素単位の2次元の座標系である。ワールド座標から画像座標への変換は射影カメラ行列と呼ばれる行列により変換される。射影カメラ行列は6点以上の対応点により計算することができる [2]。

##### 2.2.1 背景差分を用いる推定方法

透視投影された点において各カメラから取得した画像と背景画像との色差をそれぞれ掛け合わせたものを尤度とする。従って、注視する物体に位置するパーティクルの尤度は高くなり、間違った位置にあるパーティクルの尤度は低くなる。

##### 2.2.2 球の輪郭を用いる推定方法

注視する物体を球と仮定し、球の半径は既知とする。各パーティクルを透視投影し、図1(a)に示すように透視投影されたパーティクルの位置を軸の中心として極座標に変換する。極座標は、点からの距離  $r$  と角度  $\theta$  からなる座標である。 $r$  方向へ1次微分することにより、

図 1(b) に示すように透視投影された点が球の中心である場合において球の半径  $r_0$  上に輪郭が得られる．従って， $r_0$  上において微分した値が大きい場合はパーティクルが正しい位置にあると考えられる．しかし，パーティクルが正しい位置から少しずれた場合では  $r_0$  上に輪郭が取られない．そのため，微分した値を  $r_0$  を中心としてガウス関数により重み付けし足し合わせた値を尤度とする．

### 2.3 フィルタ

最後にフィルタの処理では，重みに比例する割合でパーティクルを復元抽出する．すなわち，重みの高いパーティクルを増加させ，重みの低いパーティクルを削除する．以上より各フレームにおいてパーティクルが復元抽出され，注視する物体の3次元位置が推定される．

## 3 実験・結果

図 2 に，それぞれ2つのカメラから取得した動画の1フレームを示す．推定する移動位置をこの動画に映っている球の中心とし，前章で示した方法により推定した．観測の処理は従来手法，提案手法それぞれの場合について行った．動画のサイズは  $600 \times 800$  pixels，フレーム数は100枚，フレームレートは15fpsであり，パーティクル数は500個とした．ワールド座標の原点は図 2(a) の動画を取得するカメラの真下の位置に設定した．球の移動位置は図 3,4 の青い線となるよう手で動かし，この青い線を真の位置とする．床には予め真の位置を示す直線が引いてあり，真の位置の上を通るよう手で球を移動させた．高さ方向においては目視により真の位置を通るよう手で球を移動させた．

実験により求めた推定される移動位置を図 3,4 に示す．図 3,4 の赤い点はそれぞれ従来手法，提案手法による結果である．推定した移動位置と真の位置である青い線との最短距離を誤差とし，全てのフレームにおいて誤差を求めた．従来手法において，誤差の平均は20.0cm，最大誤差は29.5cm，標準偏差は9.90cmとなった．また，提案手法において，誤差の平均は3.20cm，最大誤差は4.88cm，標準偏差は1.03cmとなった．従来手法では正確な位置の推定ができていないが，提案手法では十分な推定結果が得られた．

背景画像との差分を取った画像を図 5 に示す．背景画像には球だけでなく手や足も映っていないため，図 5 のように球以外も差分により抽出されてしまう．そのため，従来手法では誤った結果となったと考えられる．



(a) (b)  
図 2: 取得した動画 (20 フレーム目)

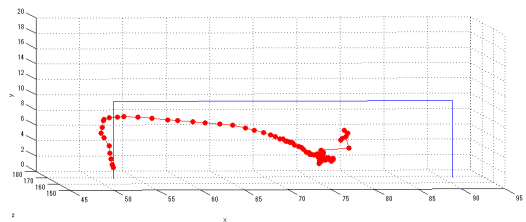


図 3: 結果 (従来手法)

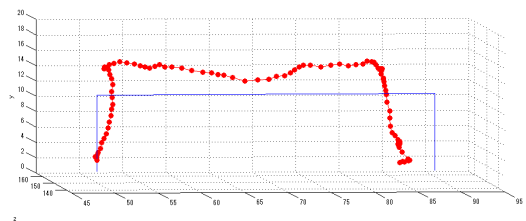
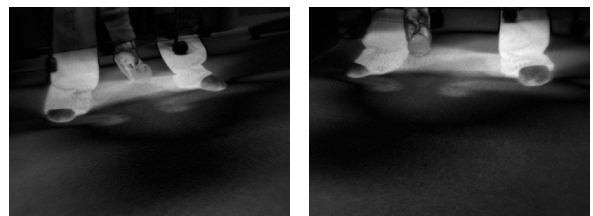


図 4: 結果 (提案手法)



(a) (b)  
図 5: 背景画像との差分 (20 フレーム目)

## 4 まとめ

本研究ではパーティクルフィルタを用い，複数のカメラにより取得した動画から注視する物体の3次元位置の推定を行った．従来手法では注視する物体以外にも動く場合に正確な位置の推定ができなかったが，提案手法により正確な位置の推定が可能となった．今後の課題として，精度の向上，オクルージョンのある場合の検討が考えられる．

## 参考文献

- [1] 加藤文和: 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, CVIM-157, pp.161-168 (2007)
- [2] 佐藤淳: コンピュータビジョン-視覚の幾何学-, コロナ社 (1999)