

パーティクルフィルタとHoG特徴を用いた 人物領域の移動追跡

安本 賢司^{†1,a)} 越後 富夫^{†1}

概要: 本研究は、監視カメラにおける人物映像を自動解析するため、移動領域の検出と追跡を行い、同時にその領域の人物判定を行う。使用する映像は、天井付近に設置された広角視野カメラであるため、人物領域のサイズ変動が大きく、HoG特徴から人物判定を正確に行うのは困難であった。そこで、背景差分を尤度とするパーティクルフィルタを用い、画像内で変化する画素を検出・追跡し、複数フレームで追跡信頼度の高い領域を移動領域とする。また、移動領域はクラスタリング後のパーティクル密度が一定値以上となる矩形によって算出するので、人物領域よりも大きくなる。そこで、無駄な領域を削るため、HoG特徴量とSVM識別器を用いて移動領域内での人物領域を求め、適切な人物領域の切り出しを行う。

キーワード: 背景差分, パーティクルフィルタ, HoG特徴量, SVM識別器

Tracking Human Regions by using HoG Features and a Particle Filter

YASUMOTO KENJI^{†1,a)} ECHIGO TOMIO^{†1}

Abstract: This paper describes a method to determine and track human regions on the successive frames from the surveillances camera in the store. The camera with a wide-angle lens can be captured a wide area in the store. As a size of a moving human should be changed on the location, then it seems to be ineffective for tracking a human by using HoG feature, which is useful in the conventional work. Therefore, the proposed method employs a particle filter that is used as a likelihood from the background subtractions, which can determine reliable moving regions in the continuous frames. The reliable moving regions based on the particle filter have larger sizes. The proposed method can then shrink candidate rectangles for suitable human regions by using HoG feature and SVM classifier.

Keywords: Background subtraction, Particle filter, HoG feature, SVM classifier

1. はじめに

近年、計算機や映像解析技術の高度化に伴い、画像処理による人物行動認識への期待が高まっている。中でもセキュリティの分野に関して期待され、またカメラの低価格化に伴い、街中やコンビニなどの施設内に防犯カメラが多数設置され、映像の情報量が増してきている。しかし、映像を監視する側の人間には限りがあり、防犯カメラの映像なども、事後にデータを検証するのが一般化され、有効活

用出来ていない。リアルタイムで不審人物の察知を行うためには、常に監視カメラの映像を監視する人物が必要となり、人物によるリアルタイムの監視は難しいと考えられる。本研究では、リアルタイムに特定行動を認識するための必要な情報の取得として移動領域の検出、追跡を行い、さらに移動領域からの人物認識を行い、最終的に人物の移動軌跡を求めることを目的とする。従来手法では、画像内を矩形の大きさを変化させながら、ラスタスキャンを行いHoG特徴を求め、SVM識別器で判別し人物認識を行う。しかし、今回使用した監視カメラは広角視野カメラで天井についており、人物領域の変動が大きく、人物認識に必要なHoG特徴をうまく取得できなかった(図1)。また、一般

^{†1} 現在, 大阪電気通信大学
Presently with Osaka Electro-Communication University
^{a)} mi14a008@oecu.jp

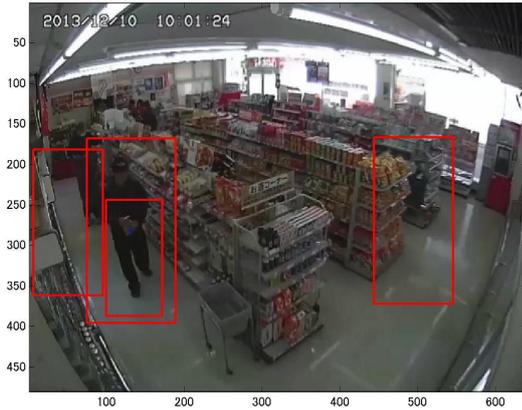


図 1 人物領域の誤検出例
 Fig. 1 False Detection of Human

的な監視カメラは低画質でノイズ成分を含んでいることが多く背景差分を用いた前景領域の抽出は困難である。さらに、人物の行動を認識しようとするとき時間情報も扱わなければならない、その為には、ロバストに特定人物の追跡を行うのが不可欠である。[4]

そこで本研究では、まずパーティクルフィルタを用いて移動領域の検出、追跡を行い、次に移動領域内の人物判定と、移動領域内の人物の写っていない無駄な領域を削るために HoG 特徴量と SVM 識別器を用いて、移動領域内の適切な人物領域の抽出を行う。この時、今回使用した映像は商店内の映像であったため SVM が棚などを人物と誤認識することがあった。そのエラーを排除するため、隣接フレームを探索し人物の判定を行うことにより、上方からの映像でも比較的ロバストな人物検出を行えるアルゴリズムを提案する。

2. 移動領域の検出と追跡

本研究では、移動領域の検出と追跡にパーティクルフィルタを用いる。基本的にはひとつのパーティクルフィルタで追跡できる移動物体は1つだが、1つのパーティクルフィルタで複数の移動領域に対応するためにパーティクルのクラスタリングと密度による復元抽出を行った。

2.1 背景画像の作成

対象映像の直前10分の映像を使用し、背景画像の作成を行い、また1分毎に背景画像を再作成し更新を行う。作成には、1810フレーム分の各画素の中央値を算出したものを背景画像とした。

2.2 パーティクルフィルタを用いた移動領域の検出と追跡

まず、背景差分の値を尤度としたパーティクルフィルタを用いて移動物体の検出、追跡を行う。この時、前景画像

に複数の人物が写っている場合、パーティクルが尤度の大きい方へ偏ってしまい、尤度の小さな移動領域部分のパーティクルがなくなってしまう。そこで、複数の移動領域をロバストに追跡できるように、まず重みの大きいパーティクル順にユークリッド距離が100pixel以内のものでクラスタリングを行い、次に、クラスタ化したパーティクルの分散(σ_x^2, σ_y^2)を求め、($2\sigma_x, 2\sigma_y$)を縦と横の長さとする移動領域を算出、その領域内でパーティクルの密度を求め、密度の低いクラスタは雑音として棄却した。次にクラスタ内の密度が高いものを抽出し、全クラスタの密度が平均的になるように、密度が高いクラスタのパーティクルをランダムに削除し、削除した数だけ密度の低いクラスタに均一に再配置した。最後に、クラスタ内のパーティクルの座標の平均を求め、移動領域の中心点とすることにより、一つのパーティクルフィルタで複数の移動物体を検出し、追跡することを可能とした。

2.3 パーティクルフィルタ

パーティクルフィルタは追跡の終点をあらかじめ必要としない動画像中において物体の追跡・検出を行うことのできるアルゴリズムであり、多数のパーティクルを用いて、前状態からの予測と現在の観測情報から現在の状態を推定する手法である。本研究では背景差分により尤度を求めた。パーティクルフィルタの処理の流れを図2に示す。

はじめに、画像内にパーティクルをランダムかつ一様に配置する。そして、配置されたパーティクルから尤度を算出する、この時、時刻 t での i 番目のパーティクルの尤度 $\pi_t^{(n)}$ は式1により算出される。このとき入力画像 f_I における投影された点 (u, v) の画素値を $(r_I(u, v), g_I(u, v), b_I(u, v))$ 、背景画像 f_B における投影された点 (u, v) の画素値を $(r_B(u, v), g_B(u, v), b_B(u, v))$ とする。そして得られた尤度を正規化し、重み $w_t^{(n)}$ を算出(式2)する。このとき N はパーティクルの数とする。そして、パーティクルの重みに比例した確立でパーティクルを復元抽出しパーティクルを再配置する。以上の処理を繰り返すことにより移動物体の周辺にパーティクルが集中し、その中心が移動物体と予測できる。[3][6]

$$\pi_t^{(n)} = \sqrt{(r_I(u, v) - r_B(u, v))^2 + (g_I(u, v) - g_B(u, v))^2 + (b_I(u, v) - b_B(u, v))^2} \quad (1)$$

$$w_t^{(n)} = \frac{\pi_t^{(n)}}{\sum_{n=1}^N \pi_t^{(n)}} \quad (2)$$

3. 移動領域の人物判定と人物領域の抽出

2章では、移動領域の検出と追跡をおこなった。しかし、一般的な監視カメラは低画質の為、ノイズを含んでいる可能性があり、取得した移動領域は人物領域とはいえない。また、移動領域はパーティクル密度が一定値以上となる矩

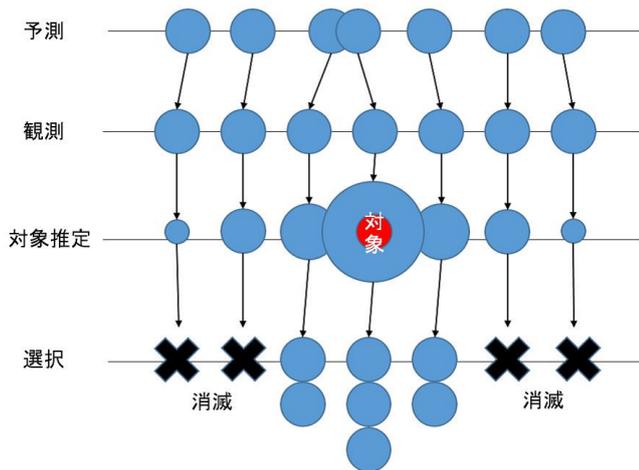


図 2 パーティクルフィルタ処理手順
Fig. 2 Particle Filter Process

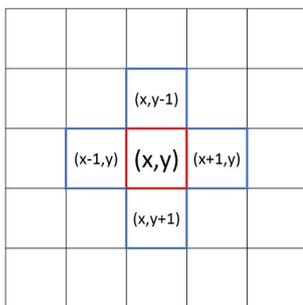


図 3 注目画素
Fig. 3 Attention Pixel

形によって算出した為、人物領域より大きくなる。よって、本章では 2 章で取得した移動領域が人物を含んでいるかどうかを Histograms of Oriented Gradients(HoG) 特徴量と Support vector machine(SVM) を用いて判定し、さらに、移動領域内の人物領域を検出する事により、移動領域の人物の写っていない領域を排除し、適切な人物領域の抽出を行う。

3.1 HoG 特徴量

Histograms of Oriented Gradients (HoG) 特徴量は、局所領域の輝度の勾配方向をヒストグラム化したもので、幾何学的変化に強く、証明の変動に頑健という特徴を持つ特徴量で、算出アルゴリズムは、図 3 よりまず注目画素 (x, y) の上下の輝度差 $f_y(x, y)$ 、左右の輝度差 $f_x(x, y)$ を式 3 より算出する。そして、輝度の勾配方向 $\theta(x, y)$ と勾配強度 $m(x, y)$ を式 4, 5 より算出、得られた勾配方向と強度でヒストグラムを作成する (図 4)。そして、ブロック領域での正規化を行う。式 6 より n 番目の HoG 特徴量について正規化する。この時、 q はセル数、 N は勾配方向数、 n は注目セルとする。[5]

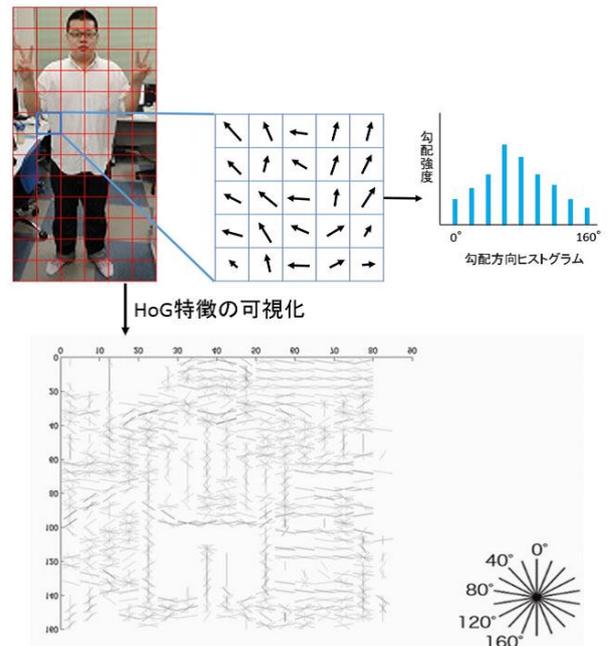


図 4 輝度の勾配強度ヒストグラム

Fig. 4 Gradient Strength Histogram of Brightness

$$f_y(x, y) = (x + 1, y) - (x - 1, y)$$

$$f_x(x, y) = (x, y + 1) - (x, y - 1) \quad (3)$$

$$\theta(x, y) = \tan^{-1} \frac{f_y(x, y)}{f_x(x, y)} \quad (4)$$

$$m(x, y) = \sqrt{f_x(x, y)^2 + f_y(x, y)^2} \quad (5)$$

$$v(n) = \frac{v(n)}{\sqrt{\sum_{k=1}^{q*q*N} v(k)^2}} \quad (6)$$

3.2 SVM 識別器

SVM は 2 クラスのパターン識別を構成する教師あり機械学習の手法である。図 5 は識別面から最近傍サンプルまでのユークリッド距離を求め、マージン最大化するような識別面を決めた境界線である。このように、最近傍サンプルのみを用いて識別面を決定することにより、複雑なサンプル群も識別することが可能である。[1]

3.3 HoG 特徴量と SVM 識別器を用いた移動領域からの人物領域抽出

まず、パーティクルフィルタを用いて抽出した移動領域内を、縦横 2 : 1 のアスペクト比の矩形を位置とサイズを変化させながらラスタスキャンを行いスキャン領域を抽出する。次に、スキャン領域内の HoG 特徴量を求め、予め人物と非人物画像の HoG 特徴量を学習させた SVM 識別器でスキャン領域の人物判定を行う。最後に、人物と判定されたスキャン領域のみを人物領域とすることにより、移動領域内の無駄な領域を排除した適切な人物領域を抽出す

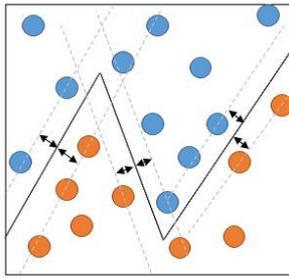


図 5 svm 識別器のパターン識別例
Fig. 5 Pattern identification example(SVM)

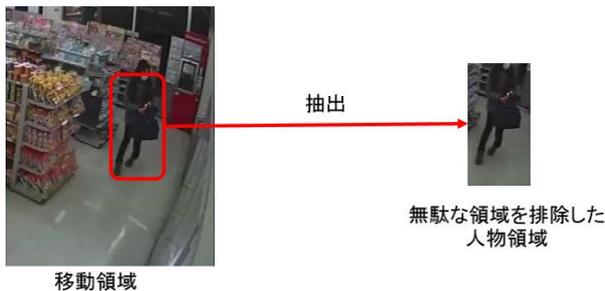


図 6 移動領域から人物領域の切り出し
Fig. 6 Human extraction from moving region

る (図 6).

3.4 隣接フレームによる非人物の排除

繰り返し実験を行った結果, 3.3 で得られた人物領域は, 棚や窓枠を人物と誤検出をすることがわかった. これは, 人物の HoG 特徴量と棚の HoG 特徴量が似ているためと考えられる. しかし, 誤検出は隣接フレームにおいて連続して発生せず, 発生場所も一定でないということがわかった. そこで, そのエラーを排除するために隣接フレーム間の人物領域付近で連続して領域を抽出できているかを判定する. この時, 人物領域が連続して抽出されていない場合はエラーとしてその領域の人物判定の棄却を行い, 最終的に隣接フレーム間で連続して人物判定ができた時のみ人物の領域とする.

4. 実験

図 7 と図 8 は処理の流れである.

図 7 と図 8 の流れで実験を行い, 今回提案した移動領域の検出と追跡, 人物領域の検出, 追跡のアルゴリズムが有効であるか実験にて確認し, 得られた人物の中心座標と移動軌跡描画して追跡が行っているか確認する.

4.1 実験環境

一般的な監視カメラの映像を使用し, 映像のフレーム

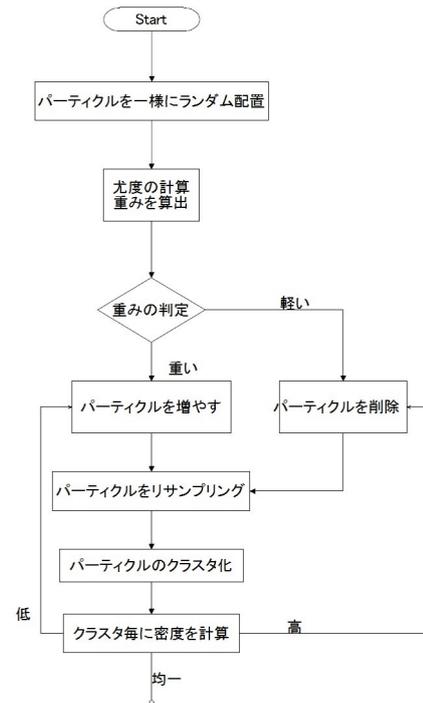


図 7 人物追跡のフローチャート 1
Fig. 7 Flowchart of Human tracking (1)

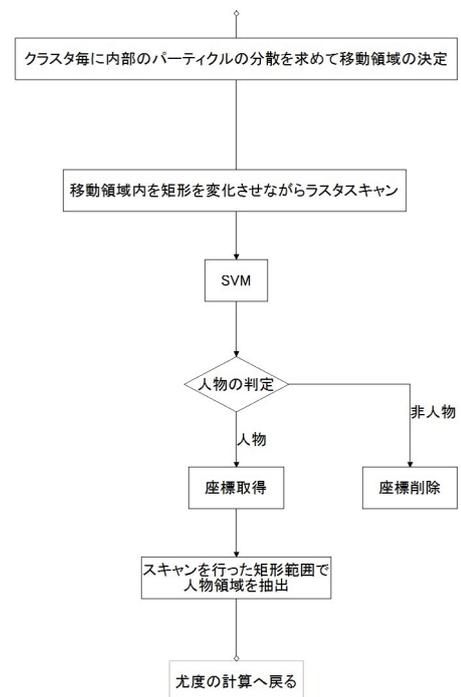


図 8 人物追跡のフローチャート 2
Fig. 8 Flowchart of Human tracking (2)

レートは 30fps/sec とし, アルゴリズムの実装は MATLAB と C にて行う. なお, A,B,2 つの動画について処理を行う. A を代表として 1 秒目と 10 秒目の結果を示す.



図 9 動画 A の背景画像
 Fig. 9 Background image(A)



図 10 動画 A の背景差分画像
 Fig. 10 Background subtraction image(A)

4.2 実験結果

4.2.1 背景画像の作成

作成した A の背景画像を図 9 に示し、背景差分を行った画像を図 10 に示す。

4.2.2 移動領域と人物領域の検出結果

図 11 と図 12 は 1 秒目と 10 秒目のパーティクルの状態と、クラスタ化を行った移動領域と中心点で、図 13 と図 14 は図 11 と図 12 で得られた移動領域から人物の領域と判定された部分のみを赤い矩形で表示したものである。結果より、1 秒目の画像で、移動領域と判定された領域の中で人物を含んでいないエラーの部分、最終的な人物領域の結果 (図 13 と図 14) では排除できていると考えられ、画像内の人物領域を抽出できていると考えられる。また、図 15 は映像 A の左の人物、映像 A 右の人物、映像 B の人物の実験結果で得られた人物の中心座標を投影し移動軌跡を描画したものである。結果より、映像内の人物の追跡をロバストに行うことが出来たと言える。

5. おわりに

本研究では、リアルタイムに特定行動を認識するための必要な情報の取得として人物領域の検出とその追跡をおこなった。その結果、人物行動の認識に有効な情報を含んで



図 11 1 秒目のパーティクルフィルタで求めた移動領域
 Fig. 11 Moving region (1sec)



図 12 10 秒目のパーティクルフィルタで求めた移動領域
 Fig. 12 Moving region (10sec)



図 13 1 秒目の移動領域内の人物領域
 Fig. 13 Human region (1sec)

いるとされる人物の移動軌跡が作成でき、結果から人物の検出と追跡を行えたと判断できる。また、パーティクルの



図 14 10 秒目の移動領域内の人物領域

Fig. 14 Human region (10sec)

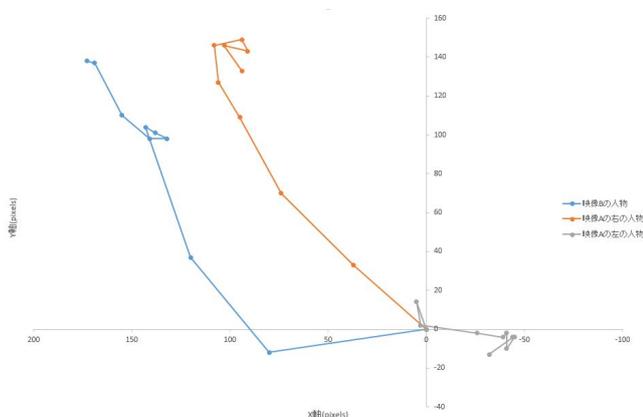


図 15 結果から得られた人物の中心座標と移動軌跡

Fig. 15 Human tracking result

密度を算出して再配置することで1つのパーティクルフィルタで複数の対象を追跡することを可能とした。今後の課題として、背景差分の尤度の値が蛍光灯などの光で不安定になるという問題があるので、算出方法の見直しとさらなる実験を行う。また今後の目標として、これらのデータを用いて人物の特定行動の認識を行う。

参考文献

- [1] 赤穂昭太郎, 津田宏治: サポートベクターマシン基本的仕組みと最近の発展, Vol. 38(6), サイエンス社 (2002).
- [2] 加藤丈和: パーティクルフィルタとその実装法, *CVIM*, Vol. 2007(1), pp. 161-168 (2007).
- [3] 松村遼, 岡村健史郎: パーティクルフィルタを用いた進入検出と物体追跡, 技術報告, 独立行政法人国立高等専門学校機構大島商船高等専門学校紀要 第 41 号 (2008).
- [4] 高橋正樹: 映像解析による人物動作理解に関する研究, 博士論文, 総合研究大学院大学 複合科学研究科 情報学専攻 (2012).
- [5] 山内悠嗣, 山下隆義, 藤吉弘巨: Boosting に基づく特徴量の共起表現による人検出, *MIRU2008*, pp. 181-187 (2008).
- [6] 矢野浩一: 粒子フィルターの応用 (2013). 2013 年度日本経済学会春季大会.