

# 背景差分法を用いた時空間モデルに基づく周囲と異なる行動検出

齋藤 浩平<sup>†</sup> 花泉 弘<sup>‡</sup>

法政大学大学院 情報科学研究科

## 1. まえがき

近年、多くの防犯カメラが駅などの公共の場に導入されている。こうしたカメラで撮影された映像は不審な行動をする人物や介助の必要な人を見つけるのに役立つ。これらの行動の検出を自動化することは公共の場のセキュリティを確保する上で重要であるため、これまでに多くの手法が提案されてきた。

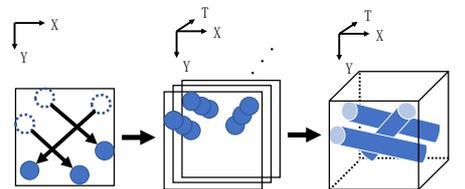
先行手法の多くは、映像に写っている人を検出し、さらに一人一人に対して追跡処理を施して各人の軌跡を比較することで、多くの人が行っている行動とそれ以外の行動に分類していた。追跡処理を使用する場合、人と人との領域が重なると、それらの領域が再び分離する際に追跡対象の対応関係が崩れ、性能が低下する問題があった。そのため、複数の人が行動している状況での手法の適用が難しかった。

この問題を解決するために、3次元時空間上に人の領域と静止している領域とに2値化した画像を時間軸方向に重ねて作成した人の領域を wormhole と見立てることで、周囲とは異なる行動をする人を検出する手法を提案してきた [1]。この手法(DDBM)では多方向への投影処理を施し、wormhole が揃って最も透けて見える方向を多くの人が進む方向として計測していた。さらに、その方向に沿った wormhole を埋めた後に残った wormhole から異なる方向に進む人を検出していた。

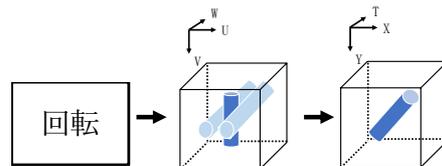
本研究では立ち止まる人にも対応できる新しい背景差分法 [2]を導入し、さらに逐次的領域拡張法を wormhole の除去に適用することで周囲と異なる方向に進む人の検出を精度よく行える手法を提案する。

## 2. 原理

1 フレームという短い時間の中で人の移動量は微小であり、その領域は連続した画像で重なりを持つ。この特徴から図 1(a)のように、人の領域と静止した領域とに2値化した画像群を時間軸の方向に重ねると人の通過した領域が三次元の wormhole で表せる。この wormhole の傾きは人の進む方向や速度で決まり、同じ速度、同じ方向に進む人達には同じ傾きの wormhole が生成される。こうして作成された wormhole に対して投影処理を行うと、ある角度においてコントラストが最大となる投影画像が得られる。この角度が支配的な wormhole の傾きを表し、



(a) 時空間モデルの生成例



(b) 平均的な方向に進む人の除去

図 1. 異なる方向に進む人の抽出例

支配的な wormhole の領域が同じ行動（歩行動作）をする人々の領域に対応する。このように、コントラストが最大となる投影方向を求めることで多くの人が進む平均的な方向が計測できる。この方向に近い傾きをもつ wormhole を埋めることにより、それらに対応する人々を選択的に削除することができ、残った wormhole から大多数の平均的な行動をとる人々とは異なる行動をする人を検出することができる。

### 2.1. 平均的行動の除去

DDBM により得られた多くの人が進む平均的な方向に時空間を回転すると、wormhole は投影する方向と平行になる。回転後の空間において投影方向に垂直かつ空間の中心と交わる平面の人と判定された領域と投影処理より得られる人の領域から、平均的な行動をする人の wormhole の断面を求める。求めた断面を第 0 層として、図 2 のように隣接したボクセルを第 1 層、第 1 層に隣接するボクセルを第 2 層と第 n 層に隣接するボクセルを次の層として成長させていくことで平均的な方向に進む人の wormhole を認識して埋める。また、投影方向と平行であるため wormhole の断面領域の重心からある一定以上の距離には同じ人に対応する wormhole はないはずなので、断面の大きさを標準偏差  $\sigma_u, \sigma_v$  で評価し、その 3 倍を超えては領域拡張を行わないこととした。

$$\begin{cases} g_u - 3 * \sigma_u \leq u \leq g_u + 3 * \sigma_u \\ g_v - 3 * \sigma_v \leq v \leq g_v + 3 * \sigma_v \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \sigma_u = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (u_i - \bar{u})^2}{n-1}} \\ \sigma_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (v_i - \bar{v})^2}{n-1}} \end{cases} \quad (2)$$

ここで  $u, v$  は第 0 層の平面の座標を示す。

A Spatiotemporal Model Based Detection of Different Behaviors Using An Advanced Background Subtraction Technique.

<sup>†</sup> Kohei Saito, <sup>‡</sup> Hiroshi Hanaizumi, Graduate School of Computer and Information Sciences, Hosei University.

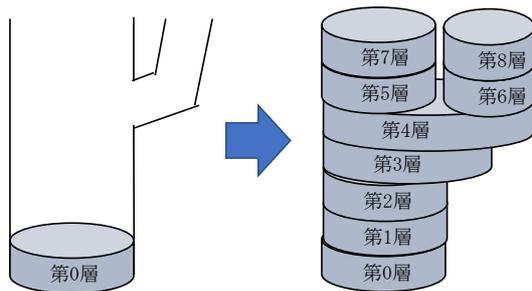


図 2. 逐次的領域拡張法の例

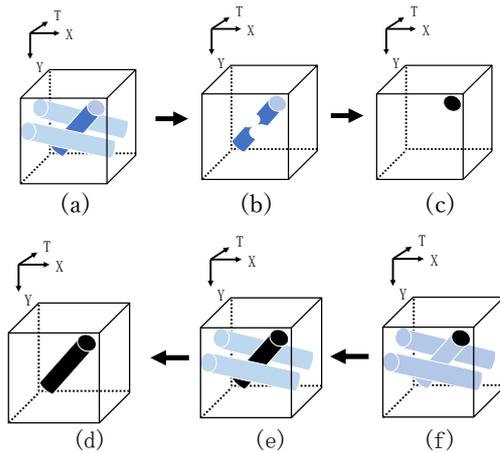


図 3. 残った worm hole の抽出例

## 2. 2. 異なる行動の検出

上の対策を施しても、図 3(b)のように映像内で人と人が重なる場合、残った wormhole が欠けてしまうことが多い。そこで、図 3(c)に示すように、残った wormhole の断面を使って、除去前の時空間で成長を行う。これにより、残った人物を一人ずつ欠損なく検出することが可能になる。残った wormhole は  $XYT$  空間のどの軸とも平行ではないため、(1)式の条件による成長の制限を行わないが、wormhole の重なりで分岐が発生する場合には、最大の断面積を持つ枝へ分岐することで対象となる人の wormhole のみを領域拡張によって検出できる。

## 3. 実験と考察

提案手法の有用性を示すために、多くの人々が左から右方向へ進む映像内において異なる方向に進む人を検出する実験を行った。図 4(a)は時空間の作成に使用した画像群における最初の画像を示した。また、図 4(b)-(d)は検出した結果を示し、それぞれ検出した領域は元の画素値に、それ以外の領域は画素値を大きくして白に近づけて表示した。

一人目、二人目の人物はそれぞれ 240 フレーム目において異なる方向に進む人物と領域が重なったが、480 フレーム目において領域が分かれた際に、元の対象人物を検出できた。三人目の人物も同様に 50 フレーム目において他者の領域と重なったが、領域が分かれた際に対象の人物を検出した。100 フレーム目において三人目の人物の領域が欠落しているが、



(a) 異なる行動者



(b) 一人目(1,240,480 フレーム)



(c) 二人目(1,240,480 フレーム)



(d) 三人目(1,50,100 フレーム)

図 4. 異なる行動をする人の検出結果

これは背景差分法において黒色の服を影で暗くなった背景の色と誤認識したためであるが、対象の人物の領域が出力できており、検出は行えたと考える。

## 4. まとめ

本研究では、背景差分法により人の領域と静止した領域とに 2 値化した結果を用いて作成した時空間内で人を wormhole として表現し、多くの人とは異なる方向に進む人を検出する手法を提案した。実験により、人と人の領域が重なる状況でも、それらの領域が再び分離した後、対応関係を保持したまま対象の人物を検出し続けられることを示した。

今後の課題として、本手法で検出した領域をマスク領域として、人の手足の動きを分析する、また、複数のカメラを使用することで得られる深度情報を適応する等で、人と人の分割を明確にすることが挙げられる。

## 参考文献

1. Kohei Saito, and Hiroshi Hanaizumi, "Detection of Different Behavior from The Majority in A Public Space," Proc. ICISIP 2017 p255-261, September.
2. Kohei Saito and Hiroshi Hanaizumi, "An Improved Background Subtraction Method For Tracking A Person In The Crowd," Proc. ICIAE 2018, p101-106, May, 2018.