

法政大学学術機関リポジトリ

HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

## 時空間モデルに基づく不審な行動の検出手法

著者	斎藤 浩平
出版者	法政大学大学院情報科学研究科
雑誌名	法政大学大学院紀要. 情報科学研究科編
巻	14
ページ	1-6
発行年	2019-03-31
URL	<a href="http://doi.org/10.15002/00021939">http://doi.org/10.15002/00021939</a>

# 時空間モデルに基づく不審な行動の検出手法

## Detecting A Suspicious Behavior Using A Spatiotemporal Model

齋藤 浩平

Kohei Saito

法政大学大学院情報科学研究科情報科学専攻

E-mail: kohei.saito.7a@stu.hosei.ac.jp

### Abstract

*A spatiotemporal model based method was proposed for detecting a suspicious behavior using an advanced background subtraction technique. The method was based on the fact that a person walking straightly with constant speed formed cylindrical cavity just like a wormhole in a three-dimensional spatiotemporal space. These wormholes were divided into those having dominant inclinations and those having different ones. The suspicious persons were detected as the latter. An advanced background subtraction method was introduced to extract moving persons from sequential images captured by a fixed camera, and the resultant binary images were used for forming the spatiotemporal model. A projection method was applied to the model, and the major inclination of them was obtained as the minimum obstruction view-angle. The dominant wormholes were filled by a selective successive region growing algorithm, and the moving trajectory of a suspicious person was detected as one of the remaining wormholes. The trajectory gave us a mask for separating the person from the others.*

*The proposed method was characterized by its high performance in detectability and in separability of the person with rare behavior. Actually, the method detected a standing person as a suspicious one. The proposed method was successfully applied to a video captured on an event.*

### 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。設置され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うえで重要であるため、これまでに多くの手法が提案されてきた[1-4]。

先行研究では、映像データを人とそれ以外に二値化し、一人一人の領域に対して追跡処理を施して、それぞれの領域を比較することで、正常な行動と不審な行動に分けて認識していた[5-6]。ここで、不審な行動を乱闘および暴行をしている行動として、追跡した領域の面積の変動とその領域の中心の軌跡を比較することで、通常とは異なる行動を認識していた[7]。そのため、二値化処理と追跡

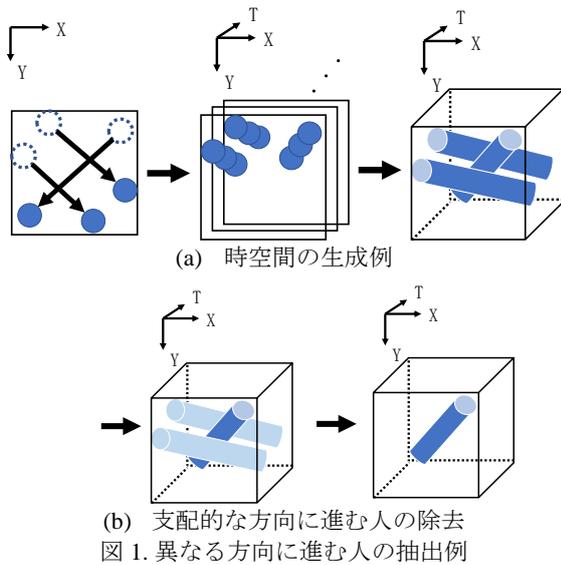
処理が重要であり、それぞれ背景差分法と Optical Flow が使用されていた。

使用された背景差分法では、背景を構成する画素が正規分布に従うと考え、混合ガウス分布を用いて背景モデルを推定していた。この手法では、座標ごとに平均値と標準偏差を求め、それらのパラメータより二値化処理を行っていた。使用された追跡処理では、二値化処理により得られた人の領域をラベリングにより分け、その領域を Optical Flow により動きを検出し、次のフレームにおける対応する領域を求めていた。しかし、これらの手法では、背景差分法において、初めにパラメータを求める際に使用した画像群とは異なる環境光のデータが入力された際、抽出精度が低下する、もしくは長時間立ち止まる人物が抽出できない問題があった。また、追跡処理では Optical Flow が微分的な処理であるため、大局的な情報が欠落し、人と人とが重なる場合、その重なるの前後において追跡する対象が入れ違ふことがあり、対応関係が崩れる問題があった。結果として、この研究では人と人とが重なるような状況では不審な行動をする人の認識は行われていなかった。

本研究では、多くの背景差分法[8-10]で問題であった、立ち止まる人物を抽出可能にした新しい背景差分法 Left Object Extractor (LOE)を開発して使用する。また、その二値化結果を時間軸の方向に重ねて作成した人の 3 次元のモデル(wormhole)[11]を使用し、選択式逐次的領域拡張法によって wormhole を認識することで、不審な行動をする人を重なった前後において対応関係を保持したまま検出する手法を提案する。LOE では我々が以前に提案した最頻値を用いて更新手法 (MODE) と Background Quick Updater (BQU)[12]をそれぞれの特性を活かすように組み合わせることによって抽出精度を向上、また立ち止まる人物も抽出可能にした。不審な行動者の検出では、wormhole を使用し選択式逐次的領域拡張法を用いる処理は積分的な処理であるため、検出する人物の時間的推移をとらえることができ、人と人とが重なったとしても追跡対象の対応関係を保持したまま検出可能にした。

### 2. 原理と処理手順

“不審な行動”を一般化するのは難しいので、本研究では、大多数の人がとる支配的な行動は不審な行動ではないと考え、まず周囲とは異なる行動をする人を検出し、その行動を詳しく解析することで行動が不審かどうかを判断する。ここで、正常な行動をする人は同じ速度でま



つぎ歩くと考えると、支配的な行動の軌跡は三次元で同じ傾きを持つ直線で表すことができる。周囲とは異なる行動をする人の軌跡はこれらと異なる傾きを持つ直線となる。図 1 はこのことを示したもので、移動する人と背景とに 2 値化処理を施した画像群を時間軸の方向に重ねた 3 次元時空間内で、人の領域をボクセルが連続して構成された wormhole として表すことができ(a), さらに人々(この場合は 2 名)の wormhole は同じような傾きとなるのに対し、異なる行動をする人の wormhole はそれらと異なる傾きになる。wormhole は空洞であるとする、時空間に対して多方向から投影処理を行うと、ある 3 軸の回転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。この角度は支配的な行動をする人の wormhole の傾きを示し、また、投影値が最小(0)となる領域が wormhole の領域を示す。すなわち、コントラストが最大となる投影方向を求め、その付近で最小の投影値を持つ領域の面積が最大となる投影方向を計測することで支配的な行動の方向・速度が計測できる。Wormhole の断面が特定できた場合、その断面に隣接する断面を wormhole 内で逐次的に成長させることにより、その wormhole を埋め

ることができる。図 1(b)のように、計測した方向に沿った wormhole を時空間から除くと、残った wormhole が異なる行動をする人の行動に対応する。残った wormhole は、大多数の人々の軌跡を除去する際に画像上での重なりによって部分的に削りとられていることがあるため、元の時空間から復元することで異なる行動をする人を検出する。

Wormhole を生成するための 2 値化処理には新たに開発した(LOE)を使用する。過去に私が提案した Background Quick Updater (BQU)と最頻値を用いた背景更新手法(MODE)を提案してきた。BQU では影の影響による誤抽出を減らす、MODE では人の形を保つ特性を持っていた。LOE ではそれぞれの特性を活かすために、画素の変化は背景から背景、背景から人、人から人、そして人から背景の 4 つの変化であると考え。そして、背景から背景へ、背景から人への画素の変化を BQU で抽出し、人から人、人から背景への画素の変化を MODE で抽出することで抽出精度を向上する。また、人と判断された画素を最頻値を求めるためのヒストグラムに使用しないことで立ち止まる人も抽出可能にする。

以下、それぞれの処理手順について示す。

## 2.1. Left Objects Extractor

図 2 に LOE の構成を示す。 $A^t(x, y)$  は  $t$  フレーム目の画像における座標  $(x, y)$  の画素値を示し、 $B_{g1}$  および  $B_{g2}$  はそれぞれ BQU で更新する背景、MODE で更新する背景を示す。初め、 $N$  フレーム分の画像を用いて、各座標の RGB カラーのヒストグラムを生成、最頻値によって初期の  $B_{g1}$  および  $B_{g2}$  を構成する。

$S_1$  は  $B_{g1}$  の更新に用いる画素の識別する役割を持つ。通常時は開いており、その時の  $A^t(x, y)$  は背景を構成する画素ではないとし、更新は行わない。連続して入力された 2 つの画像間で同じ画素値を持つ座標は背景であるとし  $S_1$  を閉じ、その時の  $A^t(x, y)$  を  $B_{g1}(x, y)$  へ更新する。その識別には RGB 色空間におけるマンハッタン距離を使用し、以下の条件式に従い  $S_1$  を閉じ、 $A^t(x, y)$  を  $B_{g1}(x, y)$  に更新する。

$$B_{g1}(x, y) = A^t(x, y) \text{ if } M_n(A^t(x, y), A^{t-1}(x, y)) < 3 \quad (1)$$

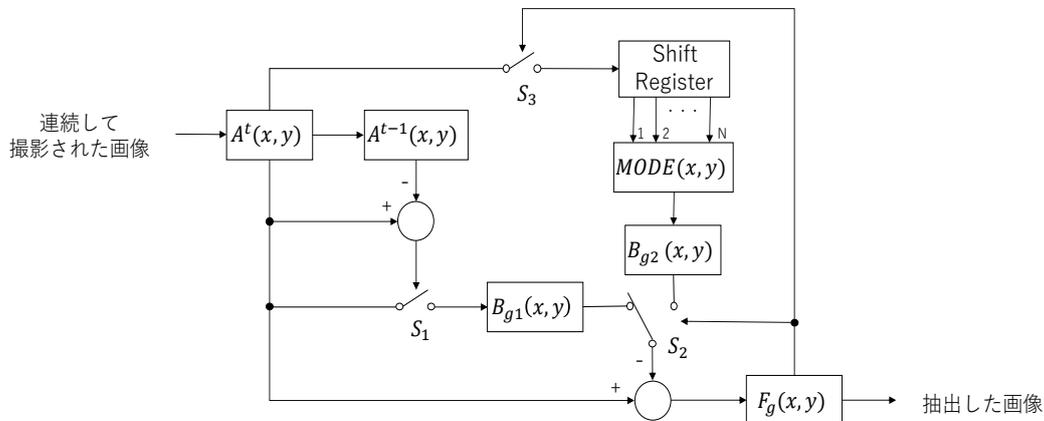
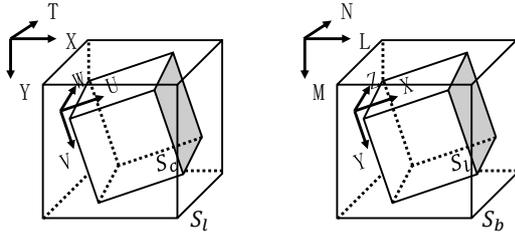


図 2. LOE の処理手順



(a)進行方向の計測時 (b)人物領域の計測時  
図3. 投影空間

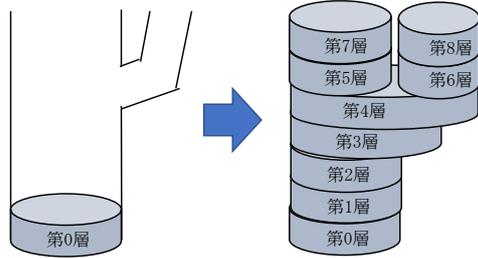


図4. 支配的な行動をする人の wormhole を埋める処理例

$S_2$ は更新処理に用いる手法を切り替える役割を持つ。通常時、 $S_2$ は $B_{g1}$ の側に傾き、 $BQU$ で更新した背景を用いて人物の抽出を行う。その人物抽出は人物を0、その他を1として以下の条件式に従い、抽出する。

$$F_g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } E_d(A^t(x, y), B_{g1}(x, y)) > T \\ 0 & \text{if } E_d(A^t(x, y), B_{g1}(x, y)) \leq T \end{cases} \quad (2)$$

$A^t(x, y)$ と $B_{g1}(x, y)$ とのRGB色空間におけるユークリッド距離が閾値以上の場合、その画素は背景から人へ変化したとみなす。抽出画像 $F_g$ の座標 $(x, y)$ の画素値が人と識別されている間、 $S_2$ は $B_{g2}$ の側に傾き、差分処理に用いる画素を $B_{g1}(x, y)$ から $B_{g2}(x, y)$ に変更し、人とみなされた座標において、差分処理は $A^t(x, y)$ と $B_{g2}(x, y)$ とのRGB色空間におけるユークリッド距離を使用する。その値が閾値 $T$ より大きい値の場合、その画素は人から背景に変化したとみなす。

$S_3$ は立ち止まった人の画素が最頻値となり、抽出されなくなることを防ぐ役割を持つ。このスイッチは通常時は閉じており、ヒストグラムの生成に使用するデータ群を格納している Shift Register に $A^t(x, y)$ の画素を入力する。 $A^t(x, y)$ と $B_{g1}(x, y)$ 、または $B_{g2}(x, y)$ とで(2)式の識別をした結果、人と認識された時、 $S_3$ を開く。また、人の画素である $A^t(x, y)$ は Shift Register に格納しない。この操作により、 $B_{g2}$ は人の画素を含まずに更新できる。結果、立ち止まる人も抽出が可能になる。

## 2.2. 支配的な行動の進行方向の計測

様々な方向から投影処理を行う。投影処理は投影処理を行う平面の各座標に対し直交方向に線積分を行う。投影座標の各座標ごとに加算するボクセル値を一定にするため、図3(a)のように、 $XYT$ 空間である時空間 $S_l$ の中に新

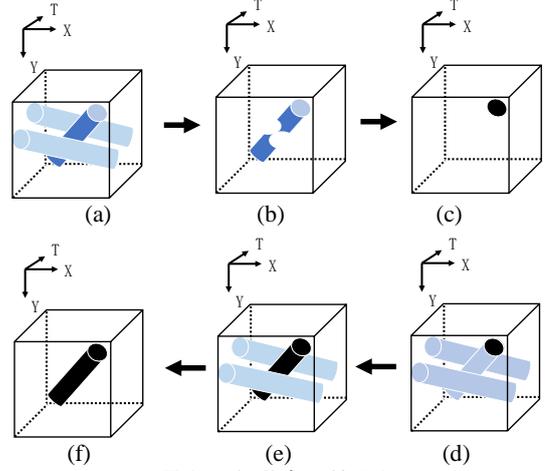


図5. 異なる行動者の検出処理図

たに  $UVW$  空間 $S_c$ を定義する。どの方向に回転しても $S_c$ が $S_l$ から外れないよう、 $S_c$ の一边の大きさ $Q_c$ を

$$Q_c \leq \frac{1}{\sqrt{3}}(\min(W_l, H_l, D_l)) \quad (3)$$

のように定義する。 $S_c$ 空間を三次元回転行列により回転し、投影画像 $p$ を

$$p(u, v) = \sum_{i=0}^{Q_c} S_c(u, v, i) \quad (4)$$

の式に従い求める。ここで、 $S_c(u, v, w)$ は座標 $(u, v, w)$ におけるボクセル値を示す。そして、投影画像のコントラスト値を(5)式に従い計算する。

$$C = |\text{Max}_{u,v}(P(u, v)) - \text{Min}_{u,v}(P(u, v))| - B * Q_c \quad (5)$$

ここで、 $B$ は投影画像における画素値が0の領域の面積を示す。この $C$ が最大となる投影方向を再急降下法により計測し、その $C$ が最大となる投影方向が支配的な行動をする人の進行方向を示す。

## 2.3. 支配的な行動の除去

計測した進行方向に進む人の領域を投影値より求める。時空間全体に対して人物の計測を行うため、図3(b)のように $S_l$ を覆う空間 $S_b$ を定義する。 $S_b$ 空間の中心と $S_l$ 空間の中心を一致させ、 $S_l$ を回転させたときの投影画像 $P$ を

$$P(l, m) = \sum_{i=0}^{Q_b} S_b(l, m, i) \quad (6)$$

として求める。この時、 $Q_b$ は $S_b$ 空間の一边の大きさを示し、

$$Q_b \geq \sqrt{3}(\max(W_l, H_l, D_l)) \quad (7)$$

と定義する。投影 $P$ では各座標において線積分に使用するボクセルの数が異なる。投影画像の外周付近では投影値がほとんど0になる。線積分に使用するボクセルの数に関わらず人物の領域を計測するために、投影画像の各座標における線積分に使用したボクセルの内、人ではないボクセルの割合 $R$ を使用する。

$$R(l, m) = \frac{P(l, m)}{N(l, m)} \quad (8)$$

ここで $N(l, m)$ は $S_b$ 空間における平面 $(l, m)$ の各座標の垂直方向に存在する $S_l$ のボクセルの数を示す。この割合 $R$ が $R$ の平均よりも小さい領域を人物の領域とする。得られた人物の領域と、 $S_b$ の $N$ 軸に直行し、 $S_b$ の中心と交わる $(L, M)$ 平面とでアンド処理を行うことで支配的な行動をする人の wormhole の断面を求める。得られた断面を第0層として図4に示すように層を成長させることで対象の wormhole を認識して除去する。支配的な行動をする人の進行方向に回転した $S_b$ 空間内においてそれらの人の wormhole は $N$ 軸に平行に存在する。そのため、wormhole の第0層の断面の重心からある一定以上の距離には同じ人の wormhole はないはずなので、断面の大きさを標準偏差 $\sigma_l, \sigma_m$ 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。

$$\begin{cases} g_l - 3\sigma_l \leq l \leq g_l + 3\sigma_l \\ g_m - 3\sigma_m \leq m \leq g_m + 3\sigma_m \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} \sigma_l = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (l_i - \bar{l})^2}{n-1}} \\ \sigma_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (m_i - \bar{m})^2}{n-1}} \end{cases} \quad (10)$$

ここで、 $g_l, g_m$ は第0層の $(L, M)$ 平面の重心を示し、 $\sigma_l, \sigma_m$ は第0層の標準偏差を示す。

## 2.4. 異なる方向に進む人の検出

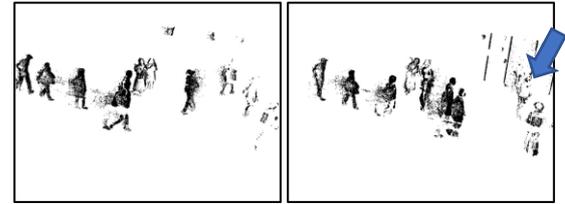
上の対策を施しても、図5(b)に示すように映像内で人と人が重なる場合、残った wormhole が欠けてしまうことが多い。そこで、図5(c)に示すように、残った wormhole の断面を使って、除去を行う前の空間にて成長を行う。これにより残った人物を一人ずつ欠損なく検出することが可能になる。残った wormhole は $XYT$ 軸に対して平行ではないため、(9)式の条件による成長の制限を行わないが、wormhole の重なりで分岐が発生する場合には、最大の断面積を持つ枝へ分岐することで対象となる人の wormhole のみを領域拡張によって検出できる。

## 3. 実験と考察

提案手法の有用性を示すために、実際に単眼カメラにより撮影した実際の映像を使用して、LOE と提案した背景差分法との人物抽出結果の比較、多くの人とは異なる方向に進む人を検出する実験を行った。実験データは解像度 $640 \times 480$ 、フレームレート30FPSで撮影した映像を画像に分割して処理を行った。また、実験データ内において、左から右斜め下方向に進む人数が最も多かったため、その方向を支配的な方向であるとする。検出実験において、時空間は分割した画像を $480 \times 480$ に切り出し、480フレーム重ねて作成した。



(a) 撮影したデータ



(b) BQUの結果



(c) MODEの結果



(d) IBQUの結果



(e) LOEの結果

図6. 200,250フレーム目の画像と抽出結果

### 3.1. 抽出結果の比較

撮影した画像をBQU,MODE,IBQU,LOEのそれぞれの手法を用いて人物抽出を行った結果の比較を行うことで、LOEの性能を評価する。ここで、MODEに使用する時間窓の大きさは300とし、抽出の閾値 $T$ は40とした。図6は実験に使用したデータと、それぞれの抽出結果の一部を示している。

図6(b)よりBQUの結果ではごま塩ノイズが含まれていることが分かる。BQUは連続した2シーンで判定を行ったため、人の服が淡色であったり、ゆっくり歩く人物の画素が連続して同じ座標に出現した際、その画素が背景と判断され抽出されなくなり、それがごま塩ノイズのように出現した。また、矢印で示している人物は短い時間、立ち止まっている。そのため、抽出が不完全となった。

一方で、(c)の結果では矢印の人物が人の形を保って抽出できている、これは矢印の人物が立ち止まっている時間が時間窓の長さよりも短いため、その人の画素が背景と判断されなかったためである。しかし、背景が更新される頻度が低いため、赤い円で囲われている領域において影による誤抽出が発生した。

IBQU では、背景から人への画素の変化を BQU により認識していた。そのため、(d)の結果では MODE に見られる影の誤抽出が発生せず、矢印の人物も抽出できていた。しかし、立ち止まっている人の前を人が通り過ぎた際、その領域が背景であると誤認識された。その結果、立ち止まっている人物の画素が背景に更新され、結果、本来の背景画素を人物の画素であると誤判定された。

LOE では、人物と判断されている画素を最頻値の計算には使用していない。そのため、(e)の結果では IBQU で発生した誤抽出が発生しなかった。また、IBQU と同様 BQU により背景から人への画素の変化を認識している。その結果、多手法に比べ誤抽出による広がり最も少なく、また人の形を保って抽出が可能となった。他手法より抽出性能がよいと考えるため、この結果を用いて異なる方向に進む人を検出する。

### 3.2. 支配的な人物の除去

LOE の結果より、時空間を構成した。提案手法により支配的な行動をする人の wormhole は時空間を表 1 の方向に回転した際に  $S_b$  空間における  $N$  軸と平行になる。ここで、 $\alpha, \beta, \gamma$  はそれぞれ  $x$  軸  $y$  軸  $z$  軸の各軸周りの回転角を示す。

表 1. 支配的移動方向

$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
60.9°	-46.8°	59.9°

この回転方向は、映像内において左から右斜め下方向への移動を示していた。図 7 にその時の画像の一部と、その方向に進む人を除去した結果を示した。図 7(b)では、時空間内に残っている wormhole の領域は元の映像の画素値で、その他の領域は白に近づけて表示した。この結果より、左上から右斜め下方向に進む人が白に近づいて表



(a) 実験データ



(b) 除去結果 (5075100)

図 7. 支配的な行動をする人物の除去



(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)



(e) 四人目(1,25,50 フレーム)

図 8. 非正常者検出結果

示されていることが確認できる。このことから、正しく支配的な移動方向が計測でき、またその方向に進む人を除去できていることが確認できた。

### 3.3. 異なる行動者検出

図 8 に支配的な方向とは異なる方向に進む人を検出した結果を示す。異なる方向に進む人の写っている時間が異なっているため、図 8(b)-(e)で示している結果画像はそれぞれ異なるフレームを表示している。また、検出した領域は実験データの画素を、それ以外の領域は白色に近づけて表示している。

1 番目と 2 番目の人は立ち止まっている、また少し移動するといった行動をしていた。それぞれ 1 フレーム目において、異なる領域で検出が行えた。240 フレーム目に

において、この二人と支配的な方向に進む人の一人が重なった。その結果、2 値化した結果では分離することができず、一つの領域として検出された。提案手法では、複数の wormhole が一つの領域で交わった際に、その交わった領域内で複数のモデルに分割することは難しいと考える。しかし、その後のフレームにおいて支配的な行動をする人の一人と 2 人の領域が分離した際、元の立ち止まっている 1 番目と 2 番目の人の領域を検出し続けることができた。結果、1 フレーム目から時空間に使用した最後のフレーム(480 フレーム目)まで対象の人物を検出し続けることができた。このことから、本提案手法で使用した複数に分岐した際の断面積より分岐先を制限することは、それまでの領域を検出し続けることに有効であると考えられる。

3 番目と 4 番目の人は右上方向と右方向へ移動した。3 番目の人物は 50 フレーム目において右から左方向へ進む人と重なったが、その後、100 フレーム目において対象の人物を正しく検出できた。しかし、100 フレーム目において、検出した領域が人の一部分のみとなった。これは、対象の人物が黒の服を着ていたため、暗い領域に入った際、背景の画素値との差が小さくなり人物抽出が誤作動した。その結果、wormhole が精度よく作成できず、復元がうまくいかなかったためだと考える。4 番目の人について 1 フレーム目と 25 フレーム目において正しく検出された。一方で 25 フレーム目において右から左方向へ進む人と重なった。その後、4 番目の人は画面外へ進んでいったがその際に成長後の面積が重なった人物の方が大きくなった。その結果、50 フレーム目に別の方向に進む人が検出され、対象の人物は途中で進路を変更したと認識された。対象の人物が画面外に出る場面での重なりであったため、異なる方向に進む人が検出されてしまったが、このことから途中で進路を変更する人のモデルを取り出せると考える。

#### 4. むすび

本研究では、新しく提案した背景差分法によって得られる 2 値化結果から時間軸の方向に重ねて得られる時空間で人を wormhole と見立て、支配的な行動をする人とは異なる行動をする人の検出手法を提案した。LOE では背景の更新される頻度が異なる二つの手法を組み合わせ、それぞれの長所である影や環境光など、光への高い追従性と人の形への保持性を活かし、高い精度での人物抽出および立ち止まる人も抽出可能にした。異なる行動者検出では、時空間内の wormhole の傾きと投影処理を使用して支配的な方向を計測し対応する wormhole を埋め、残った wormhole を再現することでその領域を検出することを可能にした。

背景差分法の比較実験では LOE は BQU で発生したごま塩ノイズを抑制、また MODE で出現していた影の影響を抑制および IBQU に起きていた誤認識を抑制と以前に我々が提案した手法で精度を下げていた要因に対して改善ができ、立ち止まる人も高い精度で抽出できた。

また、異なる方向に進む人の検出実験では撮影したデータ内で 4 人の支配的な方向とは異なる行動者の検出を

行い、それぞれの領域を途中の人の重なりに関わらず検出することができていたが、人の重なっているシーンにおいてそれぞれの領域に分離することができなかった。また、黒い服を着ている人物が暗い箇所に行くと人物抽出精度が下がった。

今後の課題として、ステレオカメラを使用して得られる 3 次元の情報を加えた 4 次元の空間を使用し、人との境界を明確にすることが挙げられる。また、不審な行動の解析のために、本手法を用いて得られる人の領域をマスク領域とし、OpenPose 等の学習機により人の細かい行動・動作の認識をする必要があると考える。

#### 文 献

- [1] Min Sun, Dongping Zhang, Leyi Qian, and YeShen, "Crowd Abnormal Behavior Detection Based On Label Distribution Learning," Proc. ICICIA-2015, p345-348, June, 2015
- [2] Renyuan Zhang, Siyang Cao, "Real-time Human Motion Behavior Detection via CNN using mmWave Radar," Proc. IEEE Sensors Letters, vol. 2, December 2018.
- [3] Mamoru Saito, Katuhisa Kitaguchi, Hiroyuki Nishida, Masafumi Hashimoto, "Human Behavior recognition Using Regression Models," Proc ICROS-SICE, p4647-4650, August 2009.
- [4] Wassima Aitfares, Abdellatif Kobbane, and Abdelaziz Kriouile, "Suspicious Behavior Detection of People by Monitoring Camera," Proc. ICMCS-2016, p113-117, October, 2016.
- [5] CHI Haihong, LIU Lei, and SONG Hanlin, "Particle Filter Based Moving Object Tracking in Dyanamic Scene, " Proc. CCC-2015, p3969-3974, July, 2015.
- [6] Shengluan Huang and Jingxin Hong, "Moving Object Tracking System Based On Camshift And Kalman Filter, " Proc. CECNet-2011, p1423-1426, April, 2011.
- [7] A-Lin Hou, Jun-Liang Guo, Chong-Jin, Wang Liang Wu and Fei Li, "Abnormal Behavior Recognition Based on Trajectory Feature and Regional Optical Flow," Proc.ICIG, p643-649, October 2013.
- [8] Zhi Zeng, Jianyuan Jia, Dalin Yu, Yilong Chen, and Zhao-fei Zhu, "Pixel Modeling Using Histograms Based on Fuzzy Partitions for Dynamic Background Subtraction," Proc. IEEE TFS, Vol.25, No.3 p584-590, June 2017.
- [9] Satyabrata Maity, Amlan Chakrabarti, and Debotosh Bhattacharjee, "Block-Based Quantized Histogram (BBQH) for Efficient Background Modeling and Foreground Extraction in Video," Proc. ICDMAI-2017, p224-229, Feb, 2017.
- [10] Jianwe, Huang, Yongyi Gong, and Dongfa Gao, "Random Sampling- based Background Subtraction with Adaptive Multi-cue Fusion in RGBD Videos, "Proc. CISP-BMEI 2016, p30-35, October, 2016.
- [11] Kohei Saito, and Hiroshi Hanaizumi, "Detection of Different Behavior from The Majority in A Public Space," Proc. ICISIP 2017 p255-261, September, 2017.
- [12] 斎藤 浩平, 花泉 弘, "背景差分処理における背景更新手法, " 第 59 回自動制御連合講演会, pp1295-1298, 2016.