

I\_072

輝度情報の時間的性質を用いた背景のモデル化とそれに基づく物体検出  
 A Background Modeling Method using Time-series of Pixel Values  
 and its Application for an Object Detection

池田 浩雄†  
 Hiroo Ikeda

石寺 永記†  
 Eiki Ishidera

1. はじめに

近年、テロや犯罪等の増加に伴い、映像監視への期待が高まりつつある。しかし、膨大となる映像情報から人手によって不審者/不審物を見つけることは難しい。そこで、映像から正確に物体を検出する技術が注目を集めている。

物体検出手法として背景差分法があるが、木/水面の揺れ等の環境変動や日照等による照明変動に対する安定性に問題がある。変動の緩和に、フレーム間差分法[1]があるが、静止物体が検出できないという問題がある。この他、背景差分値に従い背景を更新する手法[2]等が提案され、照明変動等に効果があるが、静止物体を背景として更新する、環境変動に対応できない等の問題がある。

本稿では、輝度情報の時間的性質に基づく適応的な背景モデルを用い、環境変動や照明変動が存在する映像から、ロバストに静止/移動する物体を検出する方法を提案する。

2. 背景のモデル化

本稿では、まず、画素情報の時系列から正規分布を仮定した平均と分散で背景をモデル化し、背景モデルと入力画素情報との違いから物体を検出することを考える。しかし、この方法では背景モデル構築に用いるべき画素情報とそうでないものの判定をしていない為、単純に全ての時系列から背景モデルを構築してしまい、背景以外の画素情報をもモデル化してしまう問題がある。この際、環境変動で見られるような画素情報が常に変動するケースと、物体の通過等で見られるような画素情報が一時的に変動するケースを区別できれば、背景モデル構築に必要な画素情報だけを時系列から抽出できると考えられる。同様に、真の背景に多く見られるような画素情報が常に安定するケースと、ゆっくりと移動する物体に多く見られるような画素情報が一時的に安定するケースを区別することも、背景モデル構築時に必要な画素情報の抽出に対し重要である。

そこで、本稿では、時系列から画素情報の安定性と持続時間を評価することで、画素状態を4つのケースに分類し、それらのケースに基づき、背景モデル構築に必要な画素情報だけを時系列から抽出する。ここで示した画素情報とは、輝度・周辺輝度・動きベクトルなどの各種多次元で考えられるが、本報告では輝度情報の1次元のみ扱う。

2.1 画素状態の決定

背景モデル構築に必要な輝度だけを時系列から抽出する為、画素状態を決定する。画素状態は、短期的な静と動、長期的な静と動という4つのケースで、短期/長期は、現在～過去までの期間を表し、静/動は輝度の安定性を表す。画素状態の決定には、式(1)～式(3)の指標を用いる。

$$\sigma_{SW}^2(x, y, t) = \frac{n_{SW} \sum_{i=0}^{n_{SW}-1} I^2(x, y, t-i) - (\sum_{i=0}^{n_{SW}-1} I(x, y, t-i))^2}{n_{SW}(n_{SW}-1)} \quad (1)$$

$$S_C(x, y, t) = \begin{cases} 1 & \text{if } \sigma_{SW}^2(x, y, t) \leq \sigma_{TH}^2 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$R_S(x, y, t) = \frac{\sum_{i=0}^{n_{LW}-1} S_C(x, y, t-i)}{n_{LW}} \quad (3)$$

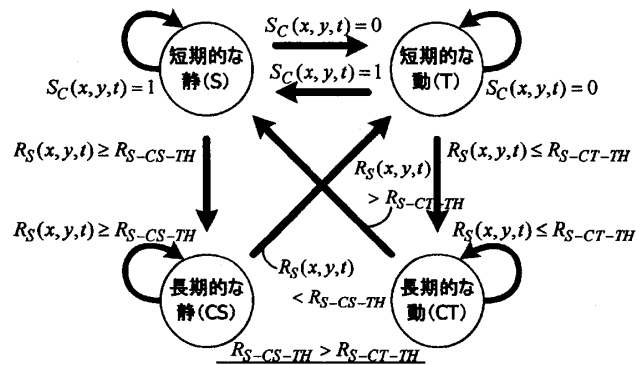


図1. 画素状態遷移図

式(1)は、短期的な安定性を評価する指標で、過去の短期的な時間  $n_{SW}$  に対する輝度  $I(x, y, t)$  の分散  $\sigma_{SW}^2(x, y, t)$  で表す。また、 $x, y$  は座標、 $t$  は時間を示す。式(2)は、式(1)の閾値  $\sigma_{TH}^2$  による評価結果  $S_C(x, y, t)$  であり、安定つまり静ならば、1と判定される。式(3)は、長期的な安定性を評価する指標で、短期的な安定性の評価結果  $S_C(x, y, t)$  を長期的な時間  $n_{LW}$  で集め、その割合  $R_S(x, y, t)$  で表す。

画素状態は、図1に従い、 $R_S(x, y, t)$  が閾値  $R_{S-CS-TH}$  以上なら長期的な静(CS)、閾値  $R_{S-CT-TH}$  以下なら長期的な動(CT)、それ以外の場合、 $S_C(x, y, t)$  が1なら短期的な静(S)、0なら短期的な動(T)と決定する。

2.2 背景モデルの構築

前項で求めた画素状態に基づき、背景モデル構築に必要な輝度だけを時系列から抽出し、その輝度から背景モデルを構築する。

(1) 長期的な静(CS)の場合

現在～長期的な過去までの輝度が安定であることから、静的な背景であると判断し、これら輝度から、平均  $\mu_{BG}(x, y, t)$  と分散  $\sigma_{BG}^2(x, y, t)$  を求め、背景モデルとする。

(2) 長期的な動(CT)の場合

現在～長期的な過去までの輝度が不安定であることから、動的な背景であると判断し、これら輝度から、平均  $\mu_{BG}(x, y, t)$  と分散  $\sigma_{BG}^2(x, y, t)$  を求め、背景モデルとする。

(3) 短期的な静(S)で、入力輝度と背景モデルが類似の場合

入力輝度が安定した信頼できる輝度で、背景モデルと類似であることから、この輝度を背景であると判断し、長期的な FIFO バッファに更新、このバッファから、平均

†日本電気(株) 中央研究所 メディア情報研究所

$\mu_{BG}(x,y,t)$ と分散 $\sigma_{BG}^2(x,y,t)$ を求め、背景モデルとする。このパツファは、(1)又は(2)の条件が満たされた時、(1)又は(2)で扱う輝度群で初期化される。また、類似性の評価には式(4)に示す距離 $d(x,y)$ を用い、閾値 $d_{TH}$ 以下なら類似とする。ここで用いる背景モデルは、1フレーム前の背景モデルである。

$$d(x,y) = \sqrt{\frac{(I(x,y) - \mu_{BG}(x,y))^2}{\sigma_{BG}^2(x,y)}} \quad (4)$$

(4) その他の場合

背景と考えられる輝度を抽出することができないと判断し、現状の背景モデルをそのまま用いる。

このようにモデル構築することで、(2)の動的な背景モデルは木の揺れなどの環境変動に対応、(3)の更新される背景モデルは照明変動に対応、(4)の背景でない輝度を背景モデルから排除することは静止物体の検出、モデルの精度向上に対応、(1)の静的な背景モデルは照明変動、誤った初期背景モデル、さらには人為的な背景の変更などに対応できる。

3. 物体検出アルゴリズム

物体検出アルゴリズムの全体を図2に示す。前項で求めた背景モデルと入力輝度から、類似性を示す式(4)より距離 $d(x,y)$ を求め、閾値 $d_{TH}$ より大きいもの、つまり背景モデルと異なるものを物体として検出する。

評価実験の為、物体として検出された画素をラベリングし、連結成分の近いもの同士を1つの物体としてマージすることで外接矩形を形成した。

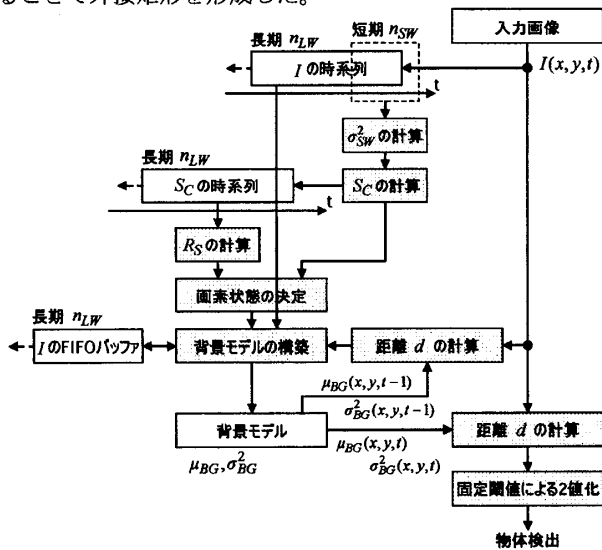


図2. 物体検出アルゴリズム

4. 実験

本提案手法を、照明変動/環境変動が存在する屋外シーン80727フレームの映像を用い評価した。主なシーンは、シーンA:建物間を歩く,シーンB:歩く→静止→歩く,シーンC:茂みを背景に歩く,シーンD:すれ違う などである。正解付けとして全フレームの物体を手動にて矩形で囲み、正解矩形と検出された矩形の中心位置、大きさの差が閾値以下の場合、正解として評価した。

表1に、主なシーンと全体の評価結果を従来手法と比較して示す。従来手法とは背景更新を用いた背景差分法である。

表1. 正解検出率と誤検出率

シーン	従来手法		本提案手法	
	正解検出率	誤検出率	正解検出率	誤検出率
A	74.97	24.07	94.44	9.41
B	52.58	39.62	90.88	10.28
C	46.60	43.03	88.14	9.29
D	62.75	34.91	87.63	9.97
全体	50.71	37.47	92.47	7.02

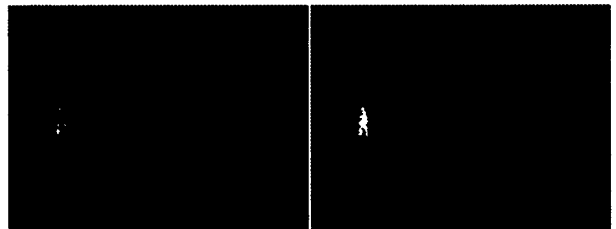
単位:%

ここで示す正解検出率とは、正解付けされた検出対象物体に対する正解の割合である。誤検出率は、検出された物体に対する不正解の割合である。

本提案手法によって、正解検出率が向上され、誤検出率が低減されるのを確認した。特に、環境変動の中を歩行するシーンC(茂み:図3の原画像中央上の草木のこと)に注目すると、そうでないシーンAと比較して、従来手法は著しく性能が低下している。本提案手法は若干の低下で抑えられており、環境変動に対してロバストであることが確認できる。また、図3は、シーンBの静止状態における検出結果画像である。本提案手法は、従来手法と異なり、静止物体を誤って背景として更新しないことから、静止した人物が良好に検出できている。



(a) 原画像



(b) 従来手法

(c) 本提案手法

図3. シーンBの静止状態における検出結果画像

5. おわりに

輝度情報の時間的性質に基づく適応的な背景モデルを用い、環境変動や照明変動が存在する映像から、ロバストに静止/移動する物体を検出する方法を提案した。実験により、照明変動/環境変動/静止物体が存在するシーンにおいて、正解検出率の向上と誤検出率の低減を確認し、目視評価でも良好な結果を確認した。今後の課題としては、鏡面への写り込みや強い影への対応などが挙げられる。

参考文献

[1] Paul L. Rosin and Tim Ellis, "Image difference threshold strategies and shadow detection", In Proceedings of the British Machine Vision Conference, pp.347-356, 1995  
 [2] 谷寄,上田,池谷,堀場, "背景画像更新処理を用いた路面湿潤状況検出", 電子情報通信学会論文誌 (D-II), Vol.J80-D-II, No.9, pp.2270-2277, 1997