

1. 目的

近年、犯罪発生率の急増に伴い、画像理解技術を用いたビデオ監視システムの重要性が高まっている。屋外監視を対象とする場合、天候等による環境変動の影響を受けずに侵入物体を検出することが重要な課題となる。本研究では、ピクセル分析による物体検出法を提案し、その有効性を評価する。

2. ピクセル分析

従来の背景差分等の物体検出法では、各ピクセルの状態を背景と物体の2状態に判別するのにに対し、本手法では図1のように背景(BG)、静(ST)、動(TR)の3状態を考える。

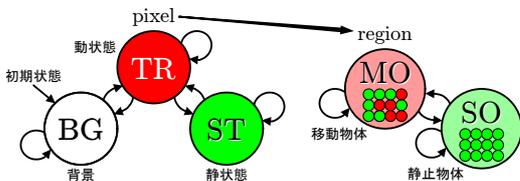


図 1: ピクセル分析の概念

屋外カメラで撮影した画像上のあるピクセルの輝度変化は、状況に応じて以下の3つの特徴に大別でき、上記の3状態で表現することができる。

物体がピクセル上を通過 輝度値は背景から急激に変化する。続いて一時的に不安定な状態が続き、再度急激な変化の後、背景である元の輝度値に戻る (BG → TR → BG)。物体がピクセル上で停止 輝度値は背景から急激に変化する。続いて一時的に不安定な状態が続き、最終的には物体の輝度値に安定する (BG → TR → ST)。環境の変化 輝度値は緩やかに変化する (BG → BG)。これらの状態遷移を捉えるため、次の2つの変化に着目した。

輝度値の急激な変化 急激な輝度変化を捉えるモーショントリガーを考える。ここで、 I_t を現在のフレームから K フレーム前の輝度値とする。輝度値の変化量 T を求めるには、 t よりさらに過去のフレームに着目する。変化量 T は次式より求められる。

$$\text{変化量 } T = \max \left\{ |I_t - I_{(t-i)}|, \forall i \in [1, J] \right\}$$

急激な輝度値の変化がピクセル上に生じたとき、変化量 T の値は大きくなる。

不安定な状態から安定した状態への遷移 ピクセルの時間変動を表す安定度について考える。安定状態の検出には t より未来のフレームに着目する。安定度 V は次式より求められる。

$$\text{安定度 } V = \frac{K \sum_{i=0}^K I_{(t+i)}^2 - \left(\sum_{i=0}^K I_{(t+i)} \right)^2}{K(K-1)}$$

これはフレーム t から $t+K$ までの分散であり、安定した状態のとき安定度は小さくなる。

画面上の全ピクセルについて変化量と安定度を求め、ピクセルの状態を図2に示すアルゴリズムにより決定する。

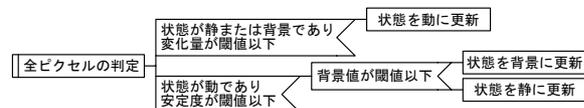


図 2: ピクセルの状態判定アルゴリズム

なお、本手法では常に複数フレームの画像を分析窓として保持している。状態の判定結果は、最新より K フレーム過去 (実験では約 0.5 秒) の時点における結果となる (図3参照)。

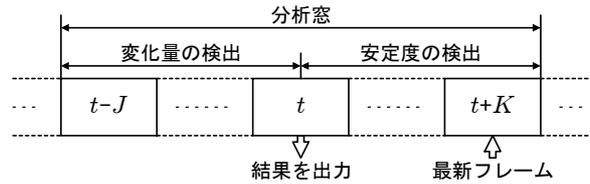


図 3: ピクセル分析の動作概要

3. セグメンテーションとノイズ除去

ピクセル分析により判定された背景以外のピクセル群に対してセグメンテーションを行う。その後、各領域に対して図4に示すアルゴリズムによってノイズ除去を行う。占有値は、領域面積に対する動と静ピクセルの総数の割合である。連結値は、動と静ピクセルの4近傍に対する連結度である。

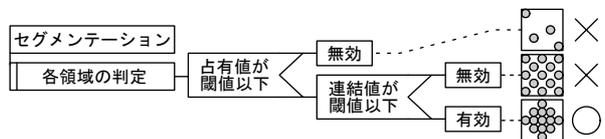


図 4: ノイズ除去のアルゴリズム

次に、各領域を移動物体と静止物体の2種類に判定する (図1参照)。領域が動ピクセルで構成されている場合を移動物体、また領域が全て静ピクセルである場合を静止物体と判定する。

4. 評価実験結果

図5(a)はピクセル分析の動作例を示しており、人の胴体部は静、腕の領域は動と判定されている。図5(b)は、検出した領域を移動物体 (Moved)、静止物体 (Stopped) と判定した例である。



(a) ピクセル分析の動作例 (b) 移動物体と静止物体の判定例

図 5: ピクセル分析の動作画面

表1に屋外の2箇所 (カメラ1, 2) で撮影したビデオ映像 (約8時間) から目視により評価した検出率を示す。

表 1: 検出率 [%]

	背景差分法		本手法	
	カメラ 1	カメラ 2	カメラ 1	カメラ 2
晴れ	58.4	89.9	84.4	94.7
曇り	92.1	93.8	92.7	96.2
平均	83.5		92.0	

ピクセル分析による検出法では、ピクセルの状態を判定するのに時間軸における分析窓の中心 (最新のフレームより K フレーム前) で決定しているため、より正確な検出が可能であり、従来の背景差分法より高い検出率 92[%] を得ることができた。

5. まとめ

ピクセル分析による物体検出法の有効性を確認した。本手法は、各ピクセルの状態を静/動と判定しているため、トラッキングを行わずに物体の移動/静止状態を容易に判定できる。今後は、人間の動作解析等への応用について検討したい。