

混雑環境に頑健な滞留検出方式 Robust Staying Detection Method for Crowded Situation

森口 有紀江[†] 大網 亮磨[†] 宮野 博義[†]
Yukie Moriguchi Ryoma Oami Hiroyoshi Miyano

1. はじめに

街頭や公共施設などの混雑環境では事件・事故のリスクが高く、映像監視による安全社会の実現が求められている。映像監視における有用な検出手法の1つが、一定時間動きのない滞留物や滞留者を発見する滞留検出である。滞留検出を用いることで、例えば置き捨てられた不審物や、一定時間同じ場所で滞留している不審者やけが人を発見することが可能になる。

滞留検出手法には、個々の対象を見えの特徴等を用いて検出する検出ベースの手法[1]と、背景差分を用いて背景と異なる滞留領域を画素単位で判定する非検出ベースの手法[2][3]に大別できる。前者は、対象の隠れが頻繁に起こると検出が困難になるため、混雑環境での使用には適していない。一方後者は、瞬間的に隠れが生じてもある時間幅において統計的に対象を観測できれば検出可能であるため、前者より混雑環境に適応しやすい。しかし、混雑度が増すほど往来する群衆がノイズとなり誤検知が増加するため、実環境への適応が難しい。

そこで本稿では、非検出ベースのアプローチを用いて混雑環境に頑健な手法を検討し、移動体・滞留物体・背景を分離するために時間窓が異なる3種類の背景モデルを用いる手法を提案する。

2. 従来手法の概要と混雑環境における課題

非検出ベースの手法では、異なる時間窓の背景モデルの組合せによって滞留を検知する。具体的には、長時間にわたって高頻度に観測された真の背景情報（長期背景モデル）と、短時間で高頻度に観測された滞留物体を含む背景情報（短期背景モデル）との差分を抽出し、滞留領域を取得する。これらの背景モデルの比較方法について、複数提案されている。文献[2]では、入力画像と背景モデルとの差分に基づいて滞留領域を判定しており、入力画像と長期背景モデルで差分があり、かつ、入力画像と短期背景モデルで差分がない領域を滞留とみなす。文献[3]では、背景モデル間の差分に基づいて滞留領域を判定しており、かつ、別途生成する統計的背景モデルにおいても前景と判定された領域を滞留とみなす。

しかしながら、混雑環境への適用を考えると、画像中に常に多数の移動体が存在するため、単純にすべての画素情報を用いて背景モデルを生成すると移動体に属する画素情報がノイズとして溶け込み、滞留の誤検出が増大する。そのため、ノイズの要因となる移動体の影響を受けない背景モデルを生成する必要がある。

3. 提案手法

提案方式は、超短期・短期・長期の3つの時間窓を用い、

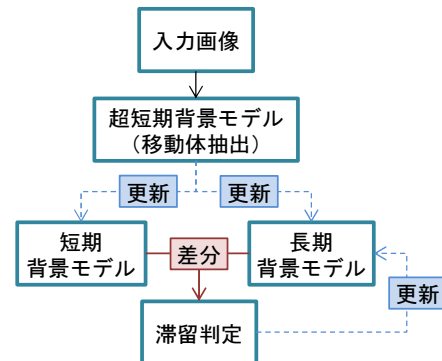


図1 提案手法の構成

混雑状況下でも正しい背景モデルが得られるようにする。超短期背景モデルより移動体領域を抽出し、短期および長期背景モデルの更新時に移動体領域を除くことで、背景モデルへの前景画素の混入を防ぐ（図1）。処理の詳細を以下に記す。

3.1 背景モデル生成

超短期背景は、数秒程度のごく短時間に得た入力画像の各画素の輝度値の平均と標準偏差によってモデル化する。この超短期背景と入力画像との差分を求め、差分が大きい領域を移動体（前景）とみなす。具体的には、入力画像の輝度値が、対応する超短期背景モデルの輝度値の平均±標準偏差の範囲内であれば背景とみなし、それ以外の画素は前景とみなす。

短期背景は、数分程度の短時間に得た入力画像の各画素の輝度平均によってモデル化する。このとき、入力画像に対し、前述の移動体領域を除き、それ以外の領域の輝度値を用いて輝度平均を更新する。これにより、移動体以外の滞留物体領域および背景領域の画素情報が、短期背景モデルに反映される。

長期背景は、数十分から数時間程度の長時間に得た入力画像の各画素の輝度平均によってモデル化する。このとき、入力画像に対し、超短期背景モデルから得た移動体領域および前回の出力結果として得られた滞留領域を除き、それ以外の領域の画素値を用いて輝度平均を更新する。これにより、移動体および滞留物体以外の背景領域の画素情報のみが、長期背景モデルに反映される。

3.2 差分領域抽出による滞留判定

短期背景と長期背景の差分を算出し、滞留領域を抽出する。提案手法では、差分判定用に設定した小領域ごとに2段階の判定を行う。1段階では、短期背景と長期背景の差分画像に対して、小領域内の平均と標準偏差を算出し、どちらか一方が所定の値以上であれば、後段の処理に進む。2段階では、小領域内の差分画像に対する平均と標準偏差から求めるスコアと、正規化相互相関(ZNCC)か

[†] NEC 情報・メディアプロセッシング研究所
Information and Media Processing Laboratories, NEC Corp.

ら求めるスコアとを重み付き和で統合し、スコアが所定の値以上の場合に、差分がある領域と判定する。輝度差のみでは背景と滞留物体とのテクスチャの違いを判別しづらく、また正規化相互相関のみでは背景および滞留物体が無地の場合に違いを判別しづらいため、輝度差と正規化相互相関の両方を用いて判別する。

3.3 誤検知の低減

差分領域の抽出結果から確からしい滞留のみを出力するために、画素ごとに、連続して滞留判定された回数を計測し、所定の回数以下の滞留検知結果を除外する。また、カメラのキャリブレーション情報を用いて滞留領域の実世界における大きさを算出し、所定の条件を満たさない滞留検知結果を除外する。さらに、混雑状況に応じた背景モデルの確からしさを考慮する。すなわち、背景モデルの各画素について、時間長に対する背景画素取得率を信頼度として算出し、信頼度が閾値以下の滞留検知結果を除外する。

4. 評価実験

提案法と従来法の背景モデル比較手法を評価するため、手法1として文献[2]等の入力画像と背景モデルとの差分方式(図2)、手法2として文献[3]等の背景モデル間の差分方式(図3)を実装し、滞留シーンを含む屋内映像を用いて、提案法との比較評価を実施した。なお、手法1、2の背景モデル、差分領域抽出は提案法と同様に実装した。

4.1 実験条件

評価映像には、公開映像である iLids[4]の AB 3 シーン、pets2006[5]の cam3 7 シーンと、独自に撮影した屋内混雑環境映像 3 シーンを用いた。iLids および pets2006 は、数人が往来する中で荷物の置き捨てが起こる映像であり、映像屋内混雑環境映像は、100 人のエキストラが往来する中で 1 人および集団が滞留する映像である。

評価では、検知対象の滞留領域上を 1 フレーム以上一部でも検知できれば正検知、検知できなければ未検知、検知対象以外の領域での検知を誤検知とみなす。

4.2 実験結果

実験結果を表 1 に示す。なお、誤検知は、混雑に起因するものか否かを分けて表記した。提案手法では混雑に起因する誤検知はなく滞留を検知できており、手法 1、2 ではいずれも背景に移動体の画素が混入した影響による誤検知が確認された。さらに、手法 1 では、人物を対象にした場合、対象が完全に静止しないため、生成される背景モデルと入力画像とで一致しづらくなり、未検知が起こりやすい傾向が確認できた。

また、提案手法、手法 1、手法 2 ともに、pets2006 では一時停止した作業車によって、屋内混雑映像では窓からの日照変動によって誤検知が生じた。日照変動をはじめとする背景変動に頑健な方式の開発が今後の課題と言える。

5. おわりに

本稿では、街頭や公共施設などの混雑環境に適応可能な滞留物や滞留者の検知手法として、移動体・滞留物体・背景を分離するために時間窓が異なる 3 種類の背景モ

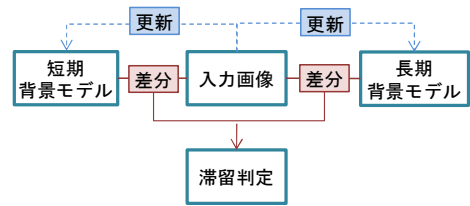


図2 手法1の構成

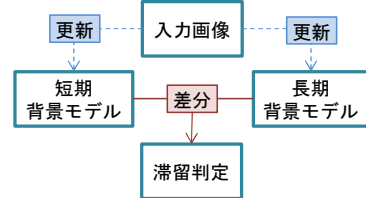


図3 手法2の構成

表1 評価結果

提案手法

評価映像	正検知	誤検知 (混雑/他)	未検知
iLids	3	0(0/0)	0
pets2006	6	1(0/1)	0
屋内混雑	6	1(0/1)	0

手法1

iLids	3	0(0/0)	0
pets2006	6	1(0/1)	0
屋内混雑	4	3(2/1)	2

手法2

iLids	3	0(0/0)	0
pets2006	6	1(0/1)	0
屋内混雑	6	5(4/1)	0

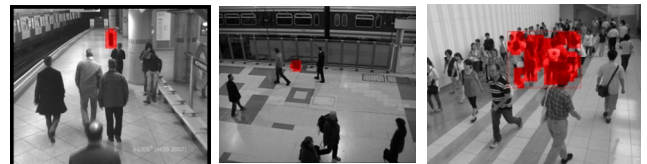


図4 提案手法による滞留の正検知例

デルを用いた背景差分による滞留検知手法を提案した。屋内混雑環境映像を用いて提案手法と従来手法の比較評価し、混雑環境における頑健さに関して提案手法の優位性を確認した。一方で、日照変動などの背景変化を誤検知するなどの課題も確認された。今後、日照変動をはじめとする背景変動に頑健な方式改善を進める。

参考文献

[1]P.L.Venetianer, Z.Zhang, W.Yin,A.J.Lipton, "Stationary target detection using the objectvideo surveillance system", AVSS(2007).
 [2]Fatih Prorikli, "Detection of Temporarily Static Regions by Processing Video at Different Frame Rates", AVSS (2007).
 [3]Zin Thi Thi, 濱 裕光, 鳥生 隆, Tin Pyke, "持ち主不在の静止物体とじっとして動かない人を識別するための埋め込み型背景モデリング", 電子情報通信学会技術研究報告 PRMU, Vol.112(411), (2013).
 [4]i-LIDS Dataset for AVSS 2007, ftp://motinas.elec.qmul.ac.uk/pub/iLids.
 [5]PETS 2006 Benchmark Data, http://www.cvg.rdg.ac.uk/PETS2006/data.html.