

画像の集合を用いた背景差分に基づく対象領域抽出手法

森 瞬^{†1} 阿部 亨^{†1†2} 菅沼 拓夫^{†1†2}

^{†1} 東北大学大学院情報科学研究科 ^{†2} 東北大学サイバーサイエンスセンター

1. はじめに

近年、人物や車両の集計・追跡などを目的として、映像を用いたモニタリングシステムの開発が進められている。それらのシステムを実現するためには、人物や車両などの移動している対象の領域を映像から抽出する必要があり、そのための手法として背景差分が広く用いられている。背景差分は、背景画像（モデル）と入力画像を比較し異なる箇所を対象領域として抽出するものであり、未知の対象や一時停止した対象へも対応可能という利点を持つ。しかし、背景差分には、背景自体が変動する場合に対象以外の領域も抽出してしまうという問題がある。

本稿では、この問題へ対応するための新たな背景差分手法を提案する。提案手法では、過去の入力画像を参照画像として複数枚保持し、新たな入力画像を参照画像と比較することで、背景が変動する場合における対象領域の頑健な抽出を図っている。

2. 関連研究

背景の変動は、緩やかな変動と急激な変動に大別される。例えば、天候等の変化により生じる背景の変動は比較的緩やかなものとなる。背景モデルが固定された背景差分では、このような変動に対応できないため、新たな入力画像に基づいて背景モデルを順次更新する手法が多数提案されている [1, 2, 3]。また、背景の急激な変動は、対象の影、路面の反射、カメラレンズに付着した雨滴など様々な要因により発生し、このような多様な変動へは共通した対応が難しい。そこで、影や反射を輝度・色の特徴から判定し背景差分から除外する手法 [4]、付着した雨滴を形状的・時間的特徴から判定し除外する手法 [5] など、取り除く各種の変動に応じた手法が提案されている。

背景の急激な変動でも、背景中の樹木等が風で揺れる場合や、映像を撮影しているカメラ自体が揺れる場合などには、背景の小さな変動が小刻みに繰り返されるといった共通した特徴がある。このような変動に対しては、背景の各画素が少数の状態（画素値）を往き来することに着目し、複数の状態を画素毎に保持した背景モデルを用いることで対応が図られている。具体的には、過去の入力画像の画素値を集合として保持する手法 [1]、混合ガウス分布 [2] やベクトル量子化 [3] で近似し保持する手法が提案されている。

一方、背景差分における背景モデルと入力画像の差異判定を安定させるために、画素単位で両者を比較せず複数画素を1つのブロックとして比較する手法が提案されている [6]。この手法では、入力画像の各箇所の状況に応じブロックのサイズを適切に変更すれば、対象領域抽出精度のさらなる向上が期待できる。しかし、このアプローチを前述の従来手法（複数の状態を画素毎に保持する手法）へ導入する場合、異なるブロックサイズに対し背景モデルを各々作成・更新・

保持する必要があり、その効率的な実現は難しい。

3. 提案手法

本稿での提案手法は、背景差分に基づく対象領域抽出手法であり、過去の入力画像の集合（参照画像）を背景モデルとして用いる。これにより、入力画像の各画素に対し、差異判定の対象として複数の状態を保持しつつ、差異判定の単位（ブロック）のサイズを動的に変更可能とすることで、背景が変動する場合（特に、小さな変動が繰り返される場合）における対象領域の頑健な抽出を図っている。

提案手法を含む全体の処理の流れを図1に示す。以下に、提案手法部分の詳細を述べる。

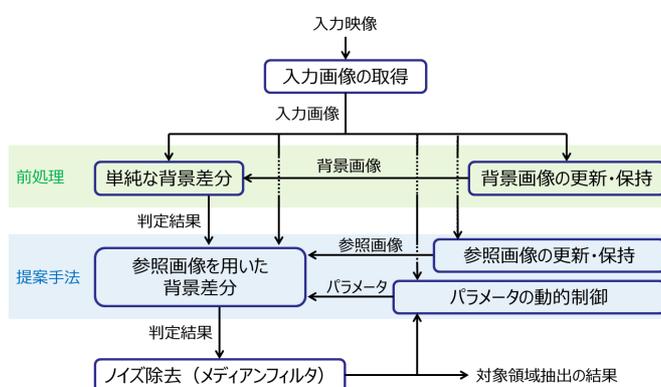


図1 全体の処理の流れ

3.1. 参照画像を用いた背景差分

提案手法における差異判定のイメージを図2に示す。

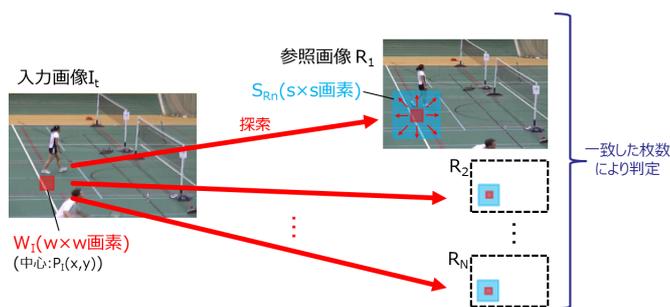


図2 参照画像を用いた背景差分

まず、事前に N 枚の入力画像を保持し、これを参照画像 $R_n (n = 1, 2, \dots, N)$ の初期集合とする。以降、入力画像 I_t が新たに C フレーム入力される度に、 R_n の1枚をランダムに選択して I_t と入れ替え、参照画像の更新（背景の緩やかな変動への対応）を行う。

新たに入力された画像 I_t の各画素 $P_I(x, y)$ を中心に $w \times w$ 画素のブロック W_I を設定する。一方、各 R_n では、対応する画素 $P_{R_n}(x, y)$ を中心に $s \times s$ 画素の矩形範囲 S_{R_n} を設定する。 S_{R_n} 内を W_I で走査し、 W_I との画素値の差の絶対値の平均が閾値 T_I 以下となる箇所が存在した場合は「一致」、存在しない場合は「不一致」とする。 N 枚の R_n 中、「一致」するものが閾値 $T_R (= \alpha \cdot N)$ 枚以上なら

ば $P_I(x, y)$ が背景モデルに一致する（「背景」である）と判定し、 $T_R (= \alpha \cdot N)$ 枚未満ならば背景モデルに一致しない（「対象領域」である）と判定する。

このように、提案手法は、参照画像を背景モデルとして用いているため、差異判定を行う際のブロックサイズ w を入力画像の箇所毎に自由に変更できる。

3.2. パラメータの動的制御

提案手法では、ブロックサイズ w と閾値 T_I の2つパラメータを動的に変更する。その際、「変動の頻度」すなわち画像中で画素値の変動がどのくらい頻繁に起きているかを考慮に入れる。「変動の頻度」を求めるための手順を図3に示す。まず、連続した2枚の入力画像の異なる箇所を出力することでフレーム差分画像を生成・保持する。次に、複数枚のフレーム差分画像の平均をとり、最大値フィルタを適用したものを平均差分画像として保持する。この平均差分画像を「変動の頻度」を表す画像としてパラメータの動的制御に利用する。

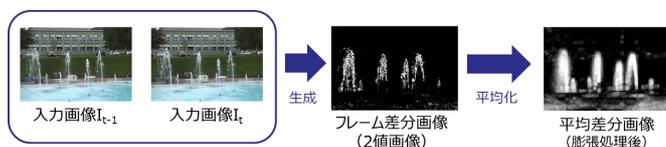


図3 平均差分画像の生成

背景差分における背景モデルと入力画像の差異判定を安定させるために、ブロック単位で比較することが有効であることは既に2章で述べた。しかし、ブロックが移動物体の境界に重なると抽出精度が低下してしまう可能性が高くなる。そこで、提案手法では平均差分画像の画素値が高い箇所をブロック内に含まない最大のサイズに w を設定する。

一方、「変動の頻度」が高い箇所ほど余計な領域抽出が起きやすいと考えられる。そこで、提案手法では次式に応じて箇所ごとの閾値 $T_I(x, y)$ を設定する。

$$T_I(x, y) = \beta(x, y)T_{max} + (1 - \beta(x, y))T_{min} \quad (1)$$

ただし、 $\beta(x, y)$: (平均差分画像の画素値)/255, T_{max} : 最大閾値, T_{min} : 最低閾値である。基本的には(1)式に従って設定するが、例外として、直前のフレームで「対象と判定された」かつ「 $T_I(x, y) = T_{min}$ であった」画素の周辺の閾値 $T_I(x, y)$ には(1)式の値に関わらず T_{min} を設定する。そうすることで、「変動の頻度」が高い箇所を対象が通過する際に領域の抽出率が低下することを防止する。

4. 評価実験

提案手法の有効性を検証するため、PC (Windows 7 Pro, Core i3 3.30GHz, 4GB) 上に実装し、対象領域抽出実験を行った。判定に関わる各パラメータは、予備実験により決定した値を用いた ($N = 30, C = 30, s = w + 5, \alpha = 0.1, w_{最大値} = 5, T_{max} = 25, T_{min} = 15$)。入力として、噴水の車を車両が通過する映像 (432×288 画素, 1184 フレーム, 正解データ付き) [7] を用い、抽出結果 (全フレーム) に対する適合率, 再現率, F 値を求めた (正解データで灰色であった領域は未評価)。

従来手法 [1, 2] を比較対象とした実験結果を図4に示す (従来手法は [8] で公開されているプログラムを利用)。この結果から、提案手法では、従来手法よりも高い抽出精度 (F 値) が得られていることが分かる。処理時間については、実装方法が異なるため単純には比較できないが、提案手法は従来手法 [1] の6倍程度となっている。

	従来手法 [1]	従来手法 [2]	提案手法
適合率	0.381	0.003	0.563
再現率	0.874	0.455	0.586
F 値	0.531	0.007	0.575
処理時間	42	14	91
			(ms/frame)

図4 実験結果

5. おわりに

本稿では、参照画像を用いた対象領域抽出手法を提案し、背景の変動を含む映像に対して有効であることを示した。今後は、動的に制御するパラメータを追加しさらなる精度向上を図るとともに、マルチスレッド化など処理の高速化に関する検討を進め、様々な状況の映像を用いた評価実験を行う予定である。

謝辞 本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金 (24300022) の援助を受けて実施した。

参考文献

- [1] M. Hofmann, et al. "Background segmentation with feedback: The Pixel-Based Adaptive Segmenter," CVPRW, pp.38-43 (2012).
- [2] C. Stauffer and W.E.L. Grimson "Adaptive background mixture models for real-time tracking," CVPR, vol.II, pp.246-252 (1999).
- [3] G. Bradski and A. Kaehler (松田 訳) "OpenCV コンピュータビジョンライブラリを使った画像処理・認識," オーム社 (2009).
- [4] W.-C. Hu, et al. "Video object segmentation in rainy situations based on difference scheme with object structure and color analysis," J. Visual Commun. Image Represent., vol.23, no.2, pp.303-312 (2012).
- [5] D.-Y. Huang, et al. "Reliable moving vehicle detection based on the filtering of swinging tree leaves and raindrops," J. Visual Commun. Image Represent., vol.23, no.4, pp.648-664 (2012).
- [6] T. Bouwmans, et al. "Background modeling using mixture of Gaussians for foreground detection - A survey," Recent Pat. Comput. Sci., vol.1, no.3, pp.219-237 (2008).
- [7] N. Goyette, et al. "changedetection.net: A new change detection benchmark dataset," CVPRW, pp.1-8 (2012). <http://www.changedetection.net>
- [8] A. Sobral "BGSLibrary: An OpenCV C++ background subtraction library," IX Workshop de Visão Computacional (2013). <http://code.google.com/p/bgslibrary/>