

背景の変動に対して頑健な対象領域検出手法 Robust Object Detection Method for Fluctuation of Background

森 瞬[†]
Shun Mori

阿部 亨^{†‡}
Toru Abe

菅沼 拓夫^{†‡}
Takuo Suganuma

1. はじめに

近年、人物や車両の集計・追跡などを目的とした映像によるモニタリングシステムの開発が進められている。これらのシステムでは、人物や車両など移動する対象の領域を映像から検出する必要があり、そのため手法として背景差分が広く用いられている。背景差分は、入力画像を背景画像（モデル）と比較し異なる箇所を対象領域として検出するものであり、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領域の検出精度が低下するという問題がある。

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（特に、背景の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検出を図っている。

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様々な背景差分が提案されている。

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う共通した特徴がある。このように状態が限定された背景の変動に対しては、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等を用いた背景差分が提案されている。

一方、背景差分における入力画像と背景モデル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 $N \times N$ 画素の矩形領域単位で比較する手法が広く用いられている [6]。この手法では、入力画像の各箇所の状況に応じ N を適切に変更すれば、対象領域検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した背景モデルで背景の急激な変化へ対応する手法）へ導入する場合、異なる N 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

3.1. 提案手法の概要

本稿での提案手法は、背景差分による対象領域検出に基づく手法であり、過去の入力画像（参照画像）の集合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（矩形領域）のサイズ N 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検出を図っている。

3.2. 提案手法の処理の流れ

提案手法の処理の流れを図1に示す。提案手法では、映像から1フレームずつ読み込んだ入力画像に対し、まず、Step1で、対象領域の大まかな検出を行う。次のStep2では、Step1で対象領域として検出された箇所でのみ詳細な対象領域の検出を行い、その結果に対し、メディアンフィルタを適用しノイズを除去したものを出力する。以下に、Step1, 2の詳細を述べる。

Step1 単純な背景差分

Step1では、単純な背景差分により入力画像 I_t 中の対象領域の大まかな検出を行う。具体的には、過去 ($B1$ フレーム前) の入力画像 I_{t-B1} を背景モデル（背景画像）に用い、 I_t と I_{t-B1} を画素単位で比較し差異を検出する ($B1$ により、移動を停止した対象を背景と見做すまでの時間を制御する)。図2に、背景画像 ($B1 = 30$ フレーム)、入力画像、Step1の結果の例を示す。

Step1の結果に対してのみ次のStep2の処理を適用

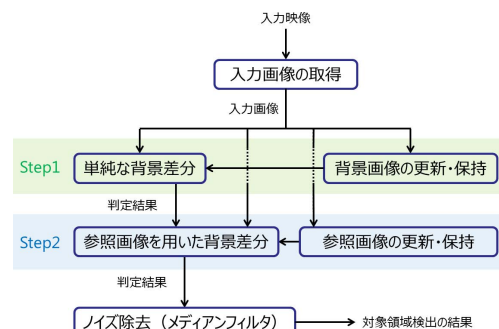


図1: 提案手法の処理の流れ

[†]東北大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

[‡]東北大学サイバーサイエンスセンター
Cyberscience Center, Tohoku University



図 2: Step1 (単純な背景差分) の例

することで処理全体の高速化を図る。

Step2 参照画像を用いた背景差分

Step2 では、過去の入力画像 (参照画像) の集合を背景モデルとして用いた背景差分により、入力画像に対する対象領域の詳細な検出を行う (図 3)。

まず、事前に J 枚の入力画像を保持し、これを参照画像 $R_j (j = 1, 2, \dots, J)$ の初期集合とする。以降、入力画像 I_t が新たに $B2$ フレーム入力される度に、 R_j 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) を図る。

背景差分のために新たに入力された I_t 中、Step1 で対象領域として検出された箇所各画素 $P_I(x, y)$ を中心に $N \times N$ 画素の矩形領域 W_I を設定する。一方、各 R_j では、対応する画素 $P_{R_j}(x, y)$ を中心に $M \times M$ 画素の矩形範囲 S_{R_j} を設定する。 S_{R_j} 内を W_I で走査し、 W_I との画素値の差の総和が閾値 T_I 以下となる箇所が検出された場合は「一致」、検出されない場合は「不一致」とする。 J 枚の R_j 中、「一致」するものが閾値 T_R 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 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。

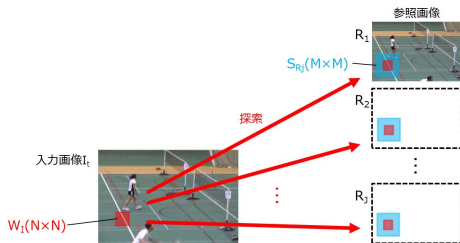


図 3: Step 2 (参照画像を用いた背景差分)

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、差異判定単位のサイズ N を入力画像の箇所毎に自由に変更できる。また、矩形範囲 S_{R_j} 内で差異判定を行うため、カメラの揺れだけでなく、カメラの移動や画角の変更等への対応も期待できる。

4. 評価実験

提案手法の有効性を検証するため、基本的部分を PC (Windows 7 Pro, Core i3 3.30GHz, 4GB) 上に実装し、対象領域検出実験を行った。判定に関わるパラメータは、パラメータの動的制御部分が未実装であるため、予備実験により決定した値を用いた ($B1, B2 = 30$ フレーム, $J = 30$ 枚, $N = 7$ 画素, $M = 25$ 画素, $T_I = 30$, $T_R = 10$ 枚)。入力として、撮影時にカメラが振動している映像 (720×480 画素, 1150 フレーム, 正解付き) [7] を用い、定量的評価を行うため検出結果 (全フレーム) に対する適合率, 再現率, F 値を求めた。

従来手法 [1, 2] を比較対象とした実験結果を図 4 に

	従来手法 [1]	従来手法 [2]	提案手法
適合率	0.881	0.077	0.953
再現率	0.593	0.407	0.760
F 値	0.709	0.129	0.845
処理時間	150	30	1303
			(ms/frame)

図 4: 実験結果

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、適合率, 再現率ともに従来手法よりも高い検出結果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 9 倍程度となっている。今回の実験では、パラメータの動的制御を行っていないため、今後、 N や M を適切に制御できるようになれば、検出精度と処理時間はさらに向上できると考えられる。

5. おわりに

本稿では、参照画像を用いた対象領域検出手法を提案した。また、その基本的部分を実装し、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、判定に関わるパラメータの動的制御の設計・実装、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。

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/>