

人物追跡情報を用いた背景差分のリアルタイム適応閾値処理

寺林 賢司*, 梅田 和昇 (中央大学 / JST CREST),
モロ アレッサンドロ (トリエステ大学 / JST CREST)

Real-Time Adaptive Thresholding for Video Surveillance Using Human Tracking Information

Kenji Terabayashi*, Kazunori Umeda (Chuo University / CREST, JST)

Alessandro Moro (University of Trieste / CREST, JST)

Abstract

This paper proposes real-time adaptive thresholding of background subtraction using human tracking information for video surveillance applications. Threshold values are calculated at every pixel based on histogram of difference value between current image and background by balancing them obtained at human tracking area and nearby research windows. The experimental results in hard light condition show that this proposal has triple accuracy rate of change detection compared to another adaptive single thresholding method keeping high detection rate.

キーワード：リアルタイム，適応，閾値処理，背景差分，人物追跡，監視システム

(Real-time, adaptive, thresholding, background subtraction, human tracking, surveillance system)

1. はじめに

画像シーンの理解において，背景から前景を抽出する作業は非常に重要な技術要素であり，最も一般的な方法は閾値処理である⁽¹⁾．閾値処理において重要な点は，対象シーンに応じた適切な閾値の設定であり，日照変化など照明条件が変化する場合に，閾値を適応的に決定する方法が提案されている⁽²⁾．この方法は，リアルタイム処理が可能であり動画処理へ適用できるが，単一の閾値のみをみつかわために局所的な照明変化へ対応することが難しい．

そこで本研究では，局所的な照明変化を含む環境での人物計測を想定し，画素毎の閾値を適応的かつリアルタイムに計算することを目的とする．また，人物追跡情報を利用することで適切な閾値設定による人物検出精度の向上をねらう．

2. 適応的な閾値処理

提案手法は，文献⁽²⁾における差分画像のヒストグラムによる閾値決定を基準とし，次の2点を採用することで，局所的な照明変化を含む環境における適応的な閾値処理を実現する．

- 探索ウィンドウ同士が重なるように配置し，画素毎の閾値計算において近傍探索ウィンドウを利用する．
- 人物追跡ウィンドウを新たに定義し，この領域における差分画像のヒストグラムを閾値計算へ用いる．

図1を用いて，探索ウィンドウと人物追跡ウィンドウを定義する．探索ウィンドウは，大きさ $w_s \times h_s$ の画像領域であり，半分の領域が重なるように移動させ画像を占めるように作成する．また人物追跡ウィンドウは，差分ステレオ⁽³⁾を用いた人物トラッキング⁽⁴⁾により得られる人物領域を内包する矩形として定義する．

これらのウィンドウにおける閾値は，文献⁽²⁾に基づき計

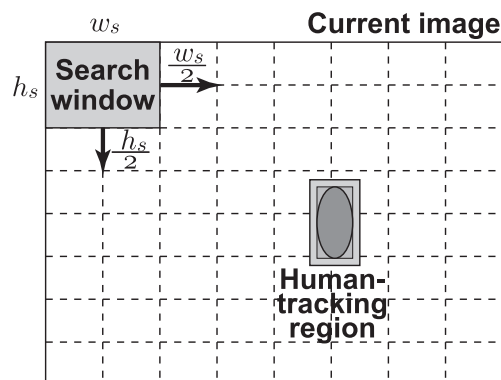


図1 探索ウィンドウと人物追跡ウィンドウの定義

Fig. 1. Definition of research window and human detected window for calculating adaptive threshold values

算され，このウィンドウ毎の閾値を用いて各画素 (i, j) における閾値 $T(i, j)$ は次式のように計算され，最後にインパルスの閾値を文献⁽⁵⁾の方法により検出し最大画素値とする．

$$T(i, j) = \frac{Tr(i, j) + p(i, j) * Th(i, j)}{1 + p(i, j)} \dots\dots\dots (1)$$

ここで， $Tr(i, j)$ は，画素 (i, j) を含む探索ウィンドウにおいて決定される閾値， $Th(i, j)$ は，画素 (i, j) を含む人物追跡ウィンドウで計算される閾値， $p(i, j)$ は，画素 (i, j) が人物追跡ウィンドウ内の時に1，それ以外で0となる関数である．以上の手続きを毎フレーム行うことで，適応的な閾値処理を実現する．

3. 実験

照明変動の大きなシーンを対象として，適応的な単一閾

表 1 提案手法と適応的な単一閾値処理の比較（検出率，適合率，計算時間）

Table 1. Comparison between the proposal and adaptive single thresholding⁽²⁾ in terms of “detection rate,” “precision rate,” and “calculation time”

	Proposed method	Adaptive single thresholding ⁽²⁾
Detection rate (%)	91.8	92.7
Precision rate (%)	30.3	10.3
Calculation time (ms/image)	18	6

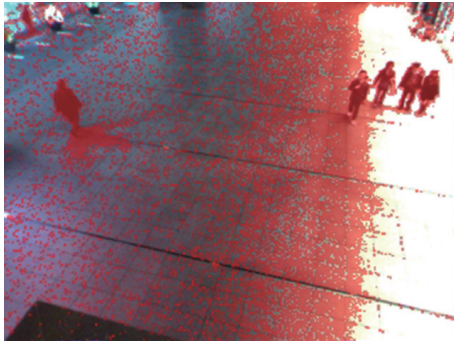


図 2 適応的な単一閾値による背景差分の結果⁽²⁾

Fig. 2. Change detection by adaptive single thresholding⁽²⁾

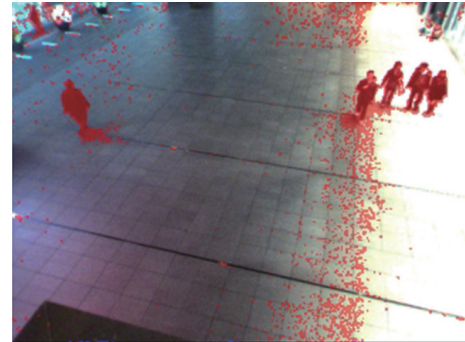


図 3 提案手法による背景差分の結果

Fig. 3. Change detection by the proposed method

値による背景差分⁽²⁾と提案手法の比較を行う．画像サイズは 640×480 [pixel]，探索ウィンドウサイズは 160×120 [pixel]とし，計算機には DELL XPS 710 Extreme (Intel Core2 Quad CPU 2.83[GHz], RAM 4[GB]) を用いた．

適応的な単一閾値による背景差分⁽²⁾と提案手法による背景差分の結果例を示したものがそれぞれ図 2，図 3 であり，赤いピクセルはその場所が前景として検出されたことを表している．両図において人物領域が検出されている事が確認でき，また 2 つの比較から，提案手法では，人物以外の領域における誤検出が小さいことが分かる．これは，画像に対して単一の閾値ではなく，各ピクセルに閾値を設け，周辺情報と人物追跡情報を利用して決定していることによると考えられる．

両手法を検出率，適合率，計算時間について比較しまとめたものが表 1 である．

- 検出率 $= TP / (TP + FN)$

- 適合率 $= TP / (TP + FP)$

ここで，TP は真陽性 (true positive)，FN は偽陰性 (false negative)，FP は偽陽性 (false positive) である．この表から，両手法とも 90% 以上の高い検出率を実現していることが分かる．また，提案手法の適合率が，適応的な単一閾値処理に対して約 3 倍と改善されていることが確認できる．提案手法の計算時間が 3 倍となっているが，30[fps] の動画をリアルタイム処理するのに十分小さい値である．

4. おわりに

本稿では，人流計測を想定したリアルタイム適応閾値処理を提案した．局所的な照明変化へ対応するために，各ピ

クセルに対して閾値を計算する枠組みとし，また差分処理による人物検出を向上させるために，人物追跡情報を閾値の決定へ導入した．照明変動の大きなシーンに対する実験において，提案手法は，適応的な単一閾値処理⁽²⁾の約 3 倍の適合率を同程度の検出率で実現する結果を得た．

参考文献

- (1) R. J. Radke, S. Andra, O. Al-Kofahi and B. Roysam : “Image change detection algorithms: a systematic survey,” IEEE Transactions on Image Processing, 14(3), pp.294–307, 2005.
- (2) C. Su and A. Amer: “A Real-Time Adaptive Thresholding for Video Change Detection,” Proc. of 2006 IEEE International Conference on Image Processing, pp.157–160, 2006.
- (3) 梅田和昇, 寺林賢司, 橋本優希, 中西達也, 入江耕太: “差分ステレオ - 運動領域に注目したステレオ視 - の提案”, 精密工学会誌 (掲載決定) .
- (4) 寺林賢司, 中西達也, 橋本優希, 星川佑磨, 川田昂次, 梅田和昇: “差分ステレオを用いた多人数歩行者環境における人数推定”, 動的画像処理実利用化ワークショップ DIA2009 講演論文集, pp.188–193, 2009.
- (5) R. H. Chan, H. Chung-Wa and M. Nikolova: “Salt-and-pepper noise removal by median-type noise detectors and detail-preserving regularization,” IEEE Transactions on Image Processing, 14(10), pp.1479–1485, 2005.