

変動する照明環境下での
背景差分法による移動物体検出に関する一考察

A Moving Object Detection Method Using Background Subtraction
under Varying Illumination Conditions

安井 健一†
Ken-ichi Yasui

竹沢 恵‡
Megumi Takezawa

真田 博文‡
Hirofumi Sanada

渡辺 一央‡
Kazuhiisa Watanabe

1. まえがき

動画から移動物体を検出する手法の一つに背景差分法がある。背景差分法は、移動物体が存在しない画像（背景画像）をあらかじめ生成しておき、この背景画像と各時刻の入力画像との輝度差が、ある閾値以上の領域を移動物体として検出する手法である。この手法は、カメラ位置とその視野が固定されており、さらに背景部分での画像の変化が観測されない環境においては、適切な閾値を設定することで移動物体を容易に検出することができる。しかしながら、実環境においては、時間の経過とともに照明等が変化し、背景部分の画像も変化するため、高精度に移動物体を検出することは困難である。

そこで、検出精度を向上させるために、時々刻々と変化する入力画像のもとで背景画像を更新する様々な手法が提案されている[1]-[3]。そして我々も、文献[4]において、照明環境に依存せずに単一の閾値で高精度に移動物体を検出可能な手法を提案した。しかしながら、この文献[4]の手法は、照明やカメラによって発生するノイズを移動物体として誤検出しやすい問題がある。移動物体の検出後に認識処理等を行う場合、移動物体の領域を正確に検出することが、後続の処理を容易にさせ得るため、不要なノイズは除去することが望ましい。そこで本文では、ノイズ処理を行い、真の移動物体の領域のみを得る新たな手法を提案する。

2. 動的に背景画像を生成する背景差分法

背景差分法における背景画像を動的に生成する手法の一つに島田氏らの手法がある[1]。この手法では、以下の式により背景画像を生成し、移動物体の検出を行う。

$$\begin{aligned} \Delta &= |I_t - B_{t-1}/n| \\ \text{if } (\Delta > \lambda) \quad B_t &= B_{t-1} \\ \text{if } (\Delta \leq \lambda) \quad B_t &= I_t + B_{t-1} (n-1)/n \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 I_t と B_t は時刻 t における入力画像と背景画像であり、 n は加重値である。初期背景画像 B_1 は、初期入力画像 I_1 を n 倍して得る。また、 Δ は背景画像と入力画像との輝度差分の絶対値であり、この値が閾値 λ 以上である画素の領域を移動物体として検出する。そして、移動物体として検出されなかった領域の背景のみを式(1)により更新する。この手法は、移動物体として検出された領域では、背景画像の更新を行わないため、動きが遅い移動物体や静止する移動物体の領域も検出することができる。しかしな

がら、この手法によって移動物体を高精度に検出するためには、式(1)における閾値 λ を、動画ごとに適切に設定する必要がある。

そこで文献[4]では、この手法に非線形な前処理を加えることによって、どのような照明環境下で撮影した動画においても閾値を再設定することなく、単一の閾値で移動物体を検出可能な手法を提案した。さらに本文では、この文献[4]の手法を改良し、より高精度に移動物体を検出する手法を提案する。

3. 提案手法

スティープブンスの指数法則[5]によると、人間の感じる感覚量は刺激量の指数乗に比例し、視覚の場合は明るさ（輝度）の 0.33 乗に比例する。これは、暗いところでの輝度変化に対しては小さな変化でも敏感にとらえることができるが、明るいところでの輝度変化には鈍感になることを意味している。この視覚特性により、人間は、照明が暗い環境、明るい環境に関係なく同じように移動物体を検出することができる。我々は、この法則に着想を得た非線形処理を背景差分法における背景画像と入力画像に適用し、非線形処理後の両画像の輝度差分画像から移動物体を検出する。

提案手法で用いる非線形処理の関数を以下に示す。

$$\begin{aligned} F(Y) &= \left(\frac{Y}{255} \right)^{\frac{1}{m}} \times 255 \\ \Delta &= |F(I_t) - F(B_{t-1}/n)| \end{aligned} \quad (2)$$

関数中の Y は画像の輝度値を表しており、 m は定数である。ここで算出される Δ に対して閾値 λ を設定し、移動物体の検出を行う。なお、背景画像の更新は、文献[1]の手法と同様の方法で行う。この非線形処理を導入することにより、照明環境の変化に依存することなく、同じ閾値 λ で移動物体を検出することが可能となる。

しかしながら、ここで検出された領域には、移動物体とは関係のない小さい面積のノイズも含まれている可能性がある。そこで、検出領域を連結された画素群（連結成分）に分け、得られた連結成分のうち画素数が T 画素以下のものをノイズと判断し、除去する処理を行う。このノイズ処理により、正確に移動物体の領域を得ることが可能となる。

† 北海道工業大学大学院

‡ 北海道工業大学

4. 実験

4.1 検出システム

Webカメラから得られる動画像に対して提案手法を適用し、移動物体の検出を行う。移動物体検出のプログラムは、VisualC++で開発を行い、動画像の処理はDirectShowを使用した。なお、今回使用したWebカメラ（Logicool製Qcam Orbit MP, 130万画素センサー）には、自動的にホワイトバランス・露出・ゲインを調整する機能が備わっていたが、この機能は画像全体の輝度を変化させるため、今回はこの機能をオフにして実験を行う。

提案手法における式(2)の m の値は3とし、加重値 n は50とする。閾値 λ は10, 20, 30, 40として実験を行う。また、ノイズ除去を行う際に求める連結成分は4連結で接続しているものとし、ノイズか否かを判定する際に用いる T の値は10とする。

4.2 検出結果

2ヶ所のカメラ位置（位置Aおよび位置B）で撮影をした3種類の動画像（320×240画素, 24bits/pixel, 30frame/sec）に対して実験を行った。ある時刻における処理結果を図1に示す。

図中の(a)は原画像であり、これらの画像に対して文献[1]の手法を用いて λ の値を10, 20, 30としたときに移動物体の検出を行った結果を(b), (c)および(d)に示す。また、文献[4]の手法で λ の値を20として得られた結果を(e)に示す。これらの結果から、文献[1]の手法では、良好に移動物体を検出可能な λ の値が動画像によって異なることがわかる。これに対し、文献[4]の手法を用いた場合、どの動画像に対しても $\lambda=20$ で良好に移動物体が検出されている。しかし、図1(e)における位置A・夜間および位置B・夜間での結果を見ると、移動物体やそれに付随する影と関係がないノイズを誤検出していることがわかる。

これに対し、提案手法を用いて移動物体検出を行った結果を図1(f)に示す。図1(e)と(f)を比較すると、提案手法が効果的にノイズを除去し、より正確に移動物体の領域を得ていることがわかる。

4.2 計算時間

提案手法により移動物体を検出する際に要した計算時間は、Pentium4 3.2GHz (RAM: 768MB)のPCを用いて、約125 msec/frameであった。これに対し、文献[4]では約109 msec/frameであった。この結果から、ノイズ除去処理を追加したことによる計算時間の増加は16 msec/frameであり、計算時間を増やすことなく移動物体の検出精度を向上させることができたといえる。

5. まとめ

以前我々は、背景差分法に非線形の前処理を加えることで、照明環境に依存せず単一の閾値で移動物体を検出可能な手法を提案した[4]。しかし、この手法では、移動物体とは関係のないノイズを誤検出してしまうことがあった。そこで本文では、この問題を解決するために、文献[4]の手法にノイズの除去処理を加えた手法を提案した。本提案手法を用いることにより、文献[4]の手法で誤って検出されていたノイズが取り除かれ、移動物体の領域のみをより正確に得ることが可能となった。

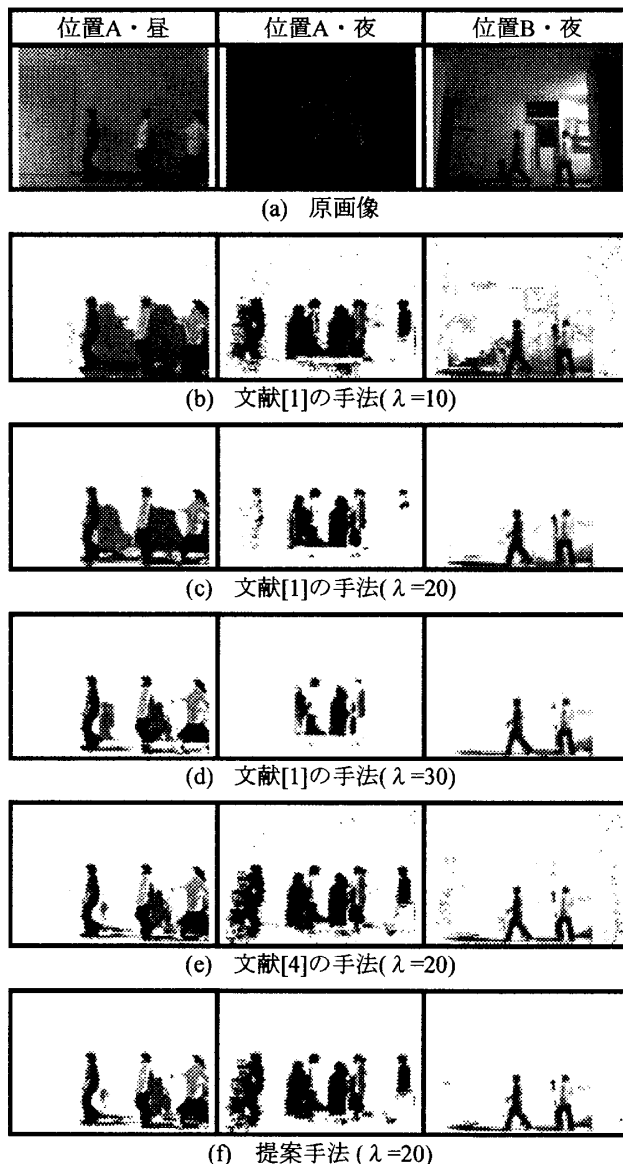


図1 移動物体の検出結果

文 献

- [1] 島田竜也, 河口尚弘, 加賀健太, 山田博三, 森見徳, “室内侵入者検知のための動的背景抽出法”, 信学論(D-II), vol.J88-D-II, no.10, pp.2054-2068, 2005.
- [2] 川端敦, 谷藤真也, 諸岡泰男, “移動物体像の抽出技術”, 情処学論, vol.28, no.4, pp.395-402, 1987.
- [3] 土田勝, 川西隆仁, 村瀬洋, 高木茂, “背景差分法による物体検出を目的とした逐次モンテカルロ法による背景推定”, 信学論(D-II), vol.J87-D-II, no.5, pp1062-1070, 2004.
- [4] 安井健一, 竹沢恵, 真田博文, 渡辺一央, “非線形処理を導入した背景差分法に基づく移動物体検出に関する一考察”, 信学技報, vol.107, no.93, pp25-28, 2007.
- [5] 樋渡涓二, “「みる」テクノロジー”, 共立出版, 1985.