

映像監視システムにおける 差分用背景画像の照度変化追従性向上の検討

○伊藤 渡†、山田 浩正†、上田 博唯†、千葉 隆広‡

† 日立電子株式会社 開発研究所

‡ 北海道開発局 開発土木研究所

背景画像と入力画像の差分により、侵入物などを検出・追跡する映像監視システムについて、新しい背景画像更新法を考案し実験したので報告する。本報告では、背景画像と入力画像の加重平均によって背景画像を更新する方法（足し込み法と呼ぶ）を改良し、3フレーム間の差分によって動物体を検出し、動物体が存在しない場面でのみ背景画像を更新することと、画面を複数領域に分割して領域毎に更新を行なうことにより、監視環境の照度変化に対して背景画像の追従性能を大きく向上した。

A Study of Quick Background Image Renewal Method for Video Surveillance System

○Wataru Ito †、Hiromasa Yamada †、Hirotsada Ueda †、Takahiroy Chiba ‡

† Research and Development Laboratory, Hitachi Denshi, Ltd.

‡ Civil Engineering Research Institute, Hokkaido Development Bureau

This paper proposes a new background image renewal method for video surveillance system using differential method. In this method, the sight is divided to several areas and judgement whether moving object exists or not is achieved separately. When no moving object detected, background image corresponding to that area is renewed. Therefore this method offers a very clean background image with a quick response time. The experiment results are also reported.

1. はじめに

道路交通の複雑化に伴い、より安全で円滑な交通を実現する高度交通システムが要求されている。これに伴い、故障車輛の発見やドライバーへの交通渋滞の情報制御など、従来、監視員によって判断・操作を行なっていたものを画像認識によって自動化しようとする研究が盛んに行なわれている^{1) 2) 3)}。こ

のような画像認識の要素技術として、対象物の有無や存在する領域を抽出するために、検出すべき対象物体の写っていない背景画像と入力画像の差分を二値化して対象物体を抽出する背景差分法が広く用いられている。

しかし、屋外環境下では天候変化などにより監視環境の照度が時々刻々と変化するため、背景差分法をこのような環境で使用する

場合には、背景画像も監視環境の照度変化に追従して更新しなければならぬという課題がある。対象物体が時々しか存在しないような場所を監視する場合、対象物体が存在しない瞬間の入力画像を容易に得ることができるが、道路などの監視を考えた場合、常に数台の車輛が写っている場合がほとんどで、背景画像の更新の際に存在する車輛が背景画像に写り込まないようにしなければならない。そこで、監視環境の明るさ変化を入力画像から推定し、その変化量に合わせて背景画像の明るさを調節する方法が提案されている⁴⁾。しかし、この方法は、監視環境の明るさ変化が一様に発生することを仮定しており、局所的に発生/消失する雲や建物などの影が存在する場合に安定な背景画像の更新が困難であった。そこで本報告では、従来より用いられている背景画像と入力画像の加重平均によって背景画像を更新する方法（足し込み法と呼ぶ）を改良し、監視環境の照度変化に高速に追従する背景画像更新法を提案する。本方式は、3フレーム間の差分によって動物体を検出し、動物体が存在しない場面でのみ背景画像を更新することと、画面を複数領域に分割して領域毎に更新を行なうことを組み合わせ、背景画像の追従向上を図る。

2. 足し込み法（従来法）

2.1 概要

従来より監視環境の照度変化に対して、背景画像と入力画像を加重平均して新しい背景画像を作成する方法（足し込み法）が用いら

れている。この方法は、

$$r_{t_{0+1}}(x,y) = (1-R)r_{t_0}(x,y) + Rf_{t_0}(x,y) \quad \dots (1)$$

と表される。式中、 $r_t(x,y)$ 、 $f_t(x,y)$ は、時刻 t における背景画像と入力画像を表し、 R は、環境変化に対する背景画像の追従性を決める更新率を表す。ここで、更新率 R を高くすると入力画像中に対象物体が存在する場合にその対象物体が背景画像に写り込んでしまう場合があり、更新率を低くすると監視環境の照度変化に対して背景画像が追従できなくなってしまう。今回の検討で用いた道路監視の例では、 $R=1/32$ （入力画像32フレームの平均に相当）程度の値にする必要があった。

2.2 問題点

本報告では、照度変化の起こる要因として、①時間変化（日の出/日の入り）、②天候変化、③動く雲の影の3つに分類した。ここで、それぞれの事象に対して従来法を適用したところ、事象③の動く影が存在した場合に背景画像の更新が追従できず、入力画像と背景画像に輝度の差が生じた。図1にそのシーンの入力画像の変化と背景画像の更新の様子を示す。図は、視野を覆っていた雲の影が手前に向かって流れて行くシーンで、上から、(a) 入力画像、(b) 足し込み法による背景画像、(c) (a) と (b) の差分・二値化処理結果を表し、左から右に向かって時間が流れている図である。

図より、時刻 14:12:49 の視野の上部と時刻 14:12:57 の視野の下部で雲の影の動きに対し

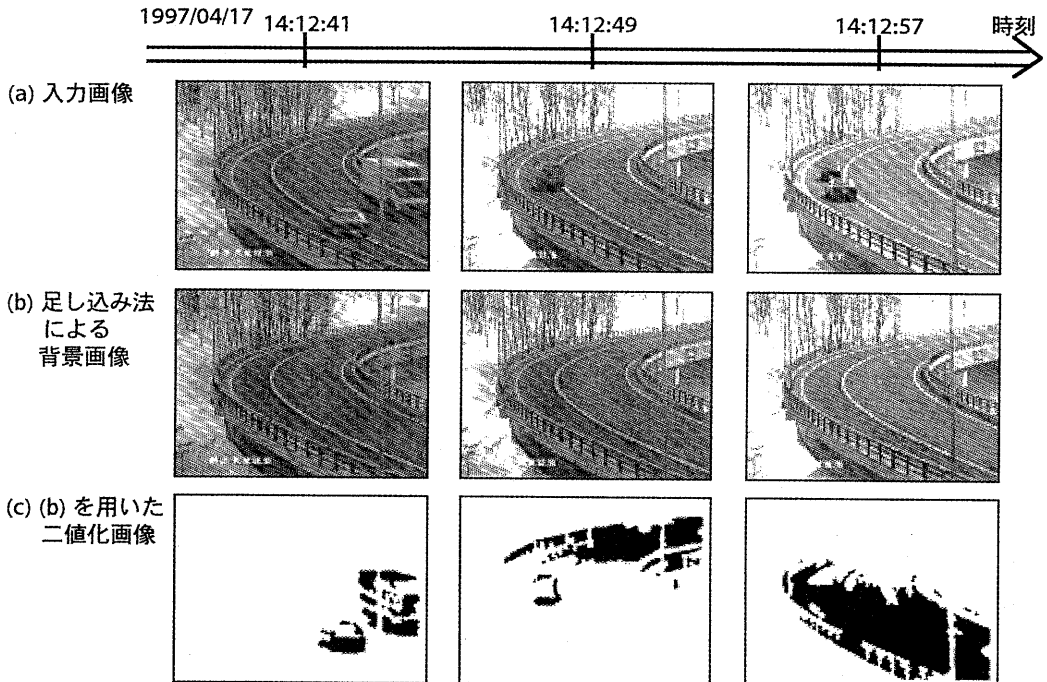


図1 動く雲の影が存在するシーン

て背景の更新が間に合わず、入力画像と背景画像に輝度差が生じてしまい、その領域が二値化画像に現れていることが分かる。従って、このような場面では、足し込み法では十分な背景画像の更新が行なえないと言える。

3. 動物体検知型足し込み法（提案法）

3.1 動物体検出

足し込み法では、入力画像中に写る検出検出すべき対象物体が背景画像に写り込まないようにするため、背景画像の更新率 R を低くする必要があった。そこで、背景更新の際に視野内の動物体の有無を検出し、動物体が存在しない場面での入力画像を使って背景更新する方式を検討した。この方法は、動物体が存在しない入力画像を使うことで更新率を高

くすることができ、背景画像の追従性を向上できる。動物体の検出は、連続する3フレーム間の差分・二値化処理を行ない、得られた二値化画像を画素毎の論理積を計算することで行なう。図5に動物体検出処理の流れを示す。一般に3フレーム間の差分を用いて動物体を検出する場合、連続する時刻で得られた入力画像間で差分・二値化処理を行なうが、ここでは、できるだけ最新の入力画像を用いて背景画像の更新ができるように、時刻 t_0 に得られた入力画像Cと他の入力画像A、Bを差分・二値化するようにした。このようにした場合、入力画像AとBで動物体が存在する領域が重なっているとその領域を誤検出する可能性がある。従って、3枚の各フレームのサンプリング間隔を動物体が重ならないよ

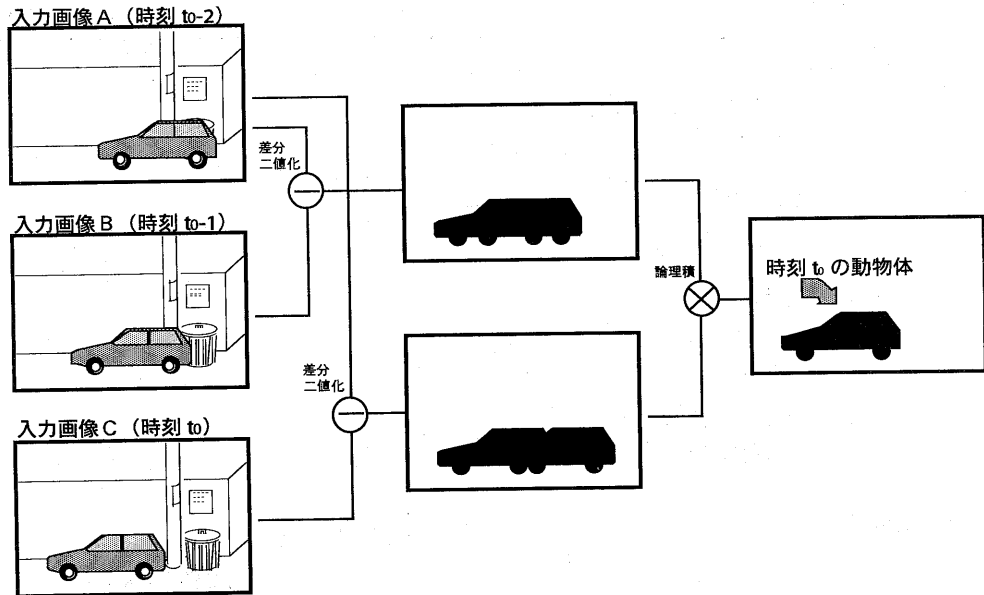


図2 動物体検出法の概要

うな時間幅にする必要がある。

3.2 領域分割

動物体が存在しない場面の入力画像を用いて背景更新を行なうようにすることで、背景画像の更新率を高くすることができ、監視環境の照度変化に対する背景画像の追従性を高くすることができる。しかし、この方法では、視野内に一台でも対象物体が存在すると背景更新が行えなくなってしまうという問題がある。そこで、視野をいくつかの領域に分割し、それぞれの領域毎に動物体の有無を判定して背景画像を更新するようにすることでこの問題を低減する。各領域では、動物体が通過する間、背景の更新が行えなくなるため、なるべく更新できない時間を少なくするために、動物体の進行方向に対して垂直に分

割するようにした。分割した視野の例を図3に示す。この図は、監視視野を8分割した例である。

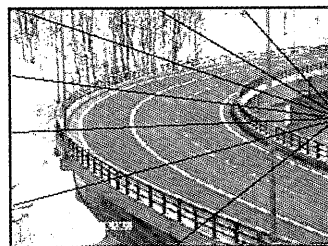


図3 視野分割の例

4. 実験

4.1 実験概要

実験は、図1で示したような監視対象となる道路全体を見渡せる位置に監視カメラを設置し、道路を往来する車輛を検出した。評価実験には、Silicon Graphics 社の ONYX VTX (CPU:R4400, MIPS:150MHz, A/D:Sirius

Video) を用いた。画像サイズは、 256×192 である。また、処理速度は、約3フレーム毎秒を想定して行なった。動物体検知型足し込み法で背景更新に使用する入力画像のサンプリング間隔は、視野に写る車輛の見かけの移動速度から2処理フレーム(0.66 sec)とし、更新率は、 $R=1/2$ (2フレームの画像平均に相当)とした。また、視野分割は、図3に示すように車輛の進行方向に対して垂直になるように8分割して背景の更新を行なった。実験に用いたサンプルは、1997年4月17日14:12~14:13に収集した映像を用いた。

4.2 実験結果

図4に実験結果を示す。図は、図1で用いたシーンと同じ時刻に得られたもので、上から(a)入力画像、(b)従来法により更新した背景画像、(c)従来法による背景画像を用いた二値化処理結果、(d)提案法により更新した背景画像、(e)提案法による背景画像を用いた二値化処理結果を示し、左から右に向かって時間が流れている。

図4(c)時刻14:12:45以降の二値化処理結果より、雲の動きによる照度変化に対して足し込み法では背景画像が追従できず対象物体以外の領域を誤って検出していたが、図(e)から、動物体検知型足し込み法では、正確に対象物体のみを検出できていることが分かる。

このシーンは、時刻14:12:49頃から視野の上部が明るくなっているが、その変化に対して足し込み法によって更新した背景画像は、

約10秒程度の更新遅れが生じていることが確認できる。それに対して、動物体検知型足し込み法では、入力画像の変化に対してほとんど遅れがなく背景画像を更新できていることが分かる。

ただし、本提案手法にも限界は存在し、雲の影のコントラストが極端に高い場合には問題点が生ずる。これを図5に示す。このシーンは、視野中をくっきりとした雲の影が動き、時刻14:04:53では、その雲の影を動物体として検出してしまい背景画像を更新することができなかった例である。しかし、この誤検出は雲の影の境界領域で発生し、雲の影が動いてその領域の照度に変化しなくなれば再び背景更新が行えるようになる。したがって、この誤検出は、瞬間的にしか発生しない。すなわち、検出物体を認識する際に、検出物体の履歴情報を使って検出すべき物体か否かを判定するようにすれば、容易にこの問題を回避できると考えられる⁵⁾。しかし、このような場面では、背景画像の更新に数フレームの追従遅れが存在するため、今後、動物体が雲の影の動きなのか検出すべき対象物体なのかを判定する手法を開発する必要がある。

5. まとめ

視野を複数の領域に分割し、それぞれの領域毎に動物体の有無を検出しながら背景を更新することで、監視環境の照度変化に伴って入力画像が変化した場合でも、その変化に追従して背景画像を更新することができること

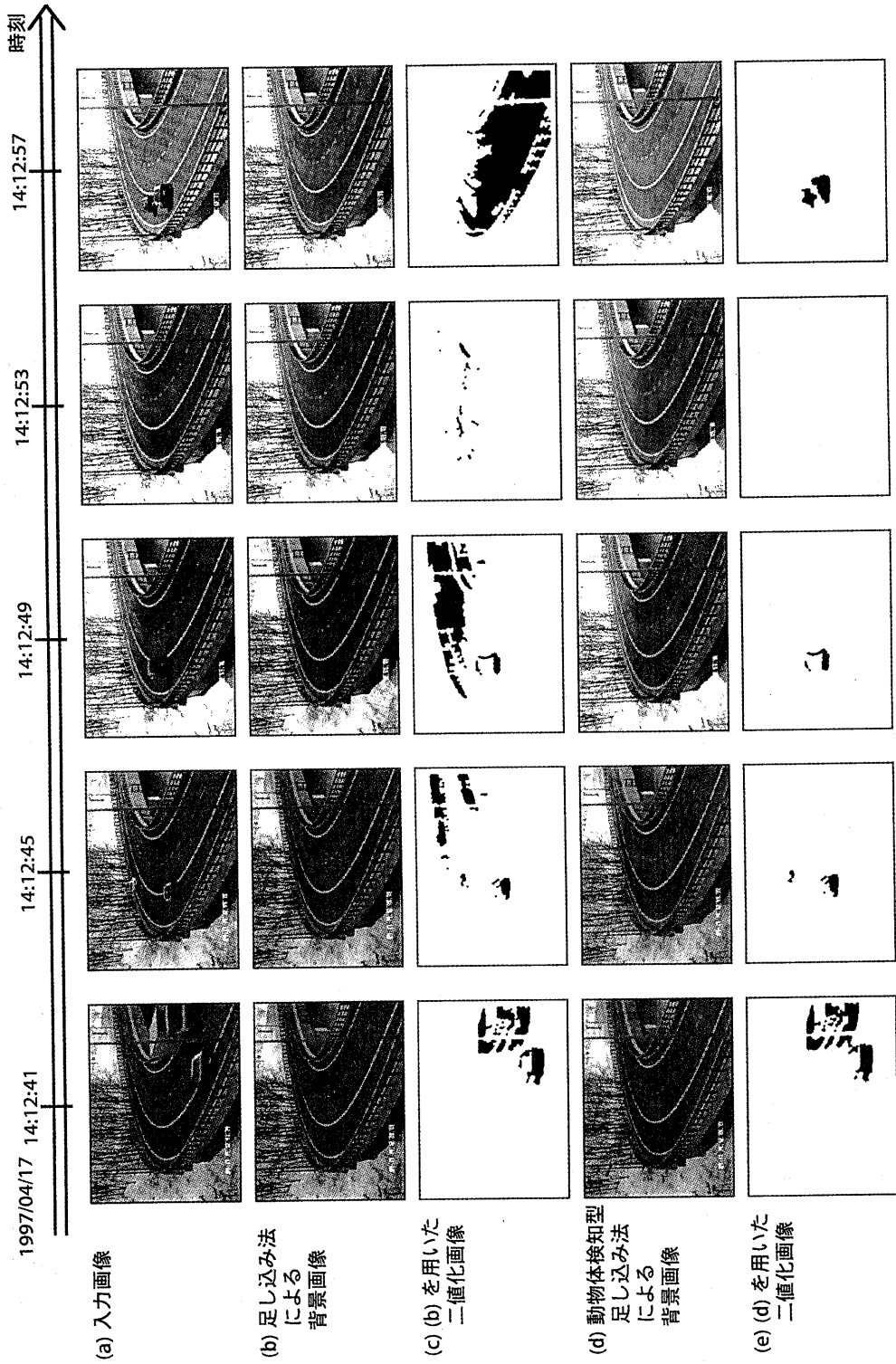


図4 動く雲の影が存在する場面の入力画像変化に対する各背景画像更新法の追従性

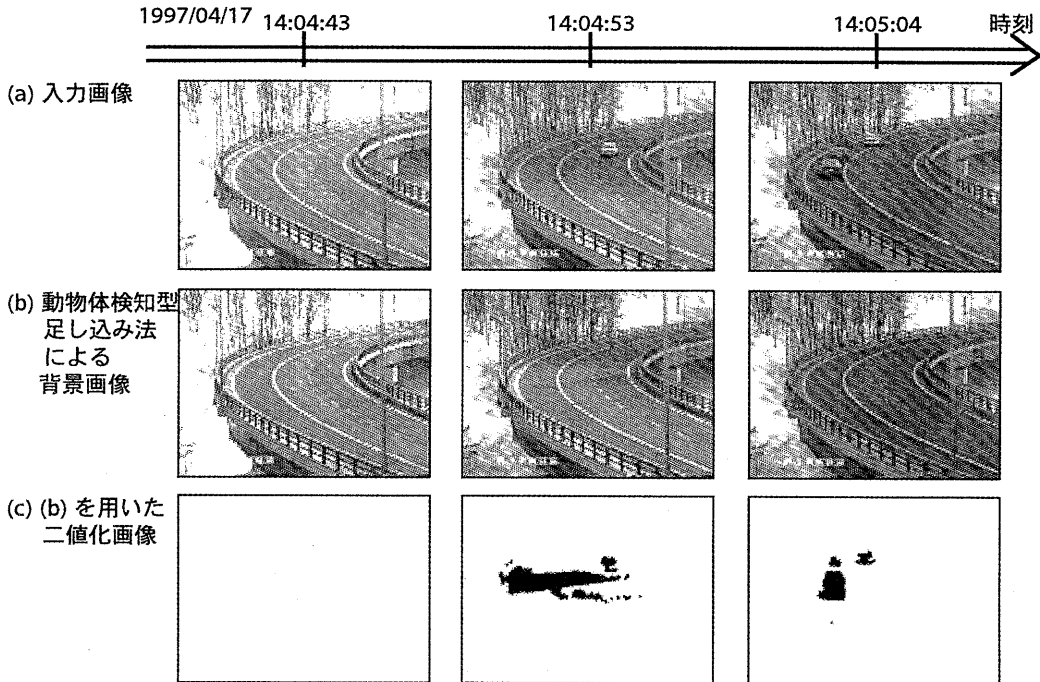


図5 動く雲の影を動物体として検出してしまった例

を確認した。

しかし、4.2に示したように、コントラストの極端に高い雲の影が移動していく場合などには、解決すべき問題が残されている。今後、さらに追従性が高く、より差分法に好ましい特性が得られる背景更新法を検討して行く予定である。

参考文献

- 1) 元木 編：『モニタリング技術』、TV学会誌、Vol.49, No.3, pp.260-283 (1995)
- 2) 高橋 他：『画像処理による交通流監視方法の研究』、信会技報、Vol.97, No.40, PRMU97-6, pp.41-48 (1997)
- 3) 伊藤 他：『光の反射と影に対してロバストな物体抽出法』、TV学会年次大会予稿、pp.195-196 (1995)
- 4) 池田 他：『画像の一様変化に高速追従する背景画像生成手法』、信学技報、Vol.97, No.40, PRMU97-7, pp.49-56 (1997)
- 5) 伊藤 他：『物体検出状態の階層的解析による複数物体追跡方式を用いた侵入物体検出』、画像の認識・理解シンポジウム (MIRU'98) 論文集II、pp.13-18 (1998)