

氏 名	Fransiscus Xaferius Arinto Setyawan(インドネシア)		
学 位 の 種 類	博 士(工学)		
学 位 記 番 号	工博甲第381号		
学位授与の日付	平成27年3月25日		
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当		
学位論文題目	A Study on Moving Object Detection from a Video (ビデオからの移動物体の検出に関する研究)		
論文審査委員	主 査	准教授	タン ジュークイ
		教授	芹川 聖一
		教授	金 亨燮
		教授	石川 聖二

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

In recent years, the video surveillance system for security and a driving safety system on the car are growing rapidly. The video surveillance system is grown from a manual system to a fully autonomous system, whereas a driving safety system is evolved from a parking safety system to a collision avoidance system. The system requires a good ability to detect moving objects so as to be a reliable system.

In chapter 1, we introduce the background, motivation and existing moving object detection methods related to the present research. In this thesis, we propose a moving object detection method using sequential inference of the background from the video captured by a static camera and a moving camera.

In Chapter 2, we propose a method of detecting moving objects on a video having a dynamic background using a sequential inference of the background from a video captured by a static camera. In the video surveillance system, the accuracy of detecting an object is very important. The object action will be more easily determined, if the object can be accurately detected by the system.

The system must be able to distinguish an object from the background which often changes due to the leaves swaying on trees, changes in the intensity of light, water droplets of the rain, and others. The system performs the update of the pixel values in the background, which is influenced by the value of the current pixel. The proposed method was tested by three videos taken at the time of rainy and windy days. The used method can reduce the effects of rain droplets, leaves swaying on trees, and the change of the light intensity effectively.

In Chapter 3, we propose a method of detecting moving objects using a sequential background inference from a video captured by a moving camera. In contrast to the static camera case, background subtraction cannot be directly applied to the video captured by a moving camera. It is caused by the change in the positions of all the pixels in the background and also the background scene is dynamic. A background pixel in the next frame is partially lost due to camera movement.

In the video captured by a moving camera, the whole background pixels are always changing their positions from one frame to the next frame in the video sequence.

Therefore, the corresponding pixel positions in the current image frame to the positions of the pixels in the previous image frame need to be known.

Some steps are undertaken to determine the current pixel correspondence to previous pixels. The first step is to extract and track feature points using Harris corner detector and Lucas-Kanade tracker. After that, the 2-D projective transform and the bilinear interpolation are used to determine the correspondence of the pixels. The result of the correspondence produces a background model. The background model can be used as a comparator with the current image frame. A moving object is obtained as the result of the comparison between the background model and the current image frame.

The proposed method was tested on three video scenes captured by a moving camera. The result of the test is quite satisfactory, because it produces the values of sensitivity and precision of more than 50%.

In Chapter 4, we summarize the moving object detection methods which we proposed in Chapter 2 and Chapter 3. The detection results of the proposed method are compared with the ground truth to determine the effectiveness of the method. The result of this comparison yields satisfactory values of sensitivity, precision, and F -measure with the proposed methods.

In this chapter, the detection results on the videos captured using a static camera is also compared between the proposed method and a simple background subtraction method. The results of the comparison on three videos show that the proposed method works better than the simple background subtraction method with respect to the precision.

Chapter 5 contains conclusion and future work of the thesis. The proposed method can detect moving objects in a video captured using a static camera and a moving camera. Disadvantages of the proposed method include that it is not able to work well if a moving object has a similar color to the background, because the moving object will be considered as part of the background. This disadvantage needs to be solved as a future work.

学 位 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

カメラで撮影される映像から移動物体を検出する技術は、広い応用分野が期待され、特にコンピュータビジョンや画像計測の分野で盛んに研究されている。例えば、車載ビジョンシステムでは、走行する自動車の前方の映像から、他車や歩行者・自転車等を自動検出して、事故を未然に防ぐための判断機能が必要である。安全な社会を実現するためのカメラによる監視システムでは、24時間稼働のため、不審者を含む移動物体検出の自動化が求められている。また知能ロボットが社会で人と共存するようになるには、ロボットが動きながら他の移動物体を検出する技術が必要である。このように重要な応用分野を持つ移動物体検出技術であるが、実環境における画像・映像処理の難しさのため、まだ十分実用化するには至っていない。

このような状況にあって本論文は、ビデオ映像上の背景を逐次推定しながら、前景としての移動物体を検出するという新しい移動物体検出法を提案している。従来の移動物体検出技術は、特徴点の検出と追跡に基づく運動ベクトル（オプティカルフロー）を求め、同一方向に移動する運動ベクトルの集合を移動物体として、バウンディングボックスによっ

てその位置を示すという方法であるが、これでは、その対象が何であるかを判断することはできない。それに対し本論文が提案する方法は、移動物体の形状を直接検出する方法であるから、それが何であるのか、それが人なら、どんな行動を取っているのか等の意味解析が可能であり、より深い状況理解につなげることができる。

本論文では、著者はまず、ビデオ映像から移動物体を検出する問題の背景について述べ、従来技術の問題点について説明し、本論文の目的について言及している。

次に著者は、カメラが固定して設置されていることを前提として、風雨等によって変化する環境から背景画像を逐次推定する方法を提案している。提案法は、ビデオ映像の第一画像フレームは背景画像であることを仮定して、画像上の各画素に濃淡値の正規分布を割当てて、次の画像フレームが来ると、その画像フレーム上の各画素の濃度値を背景画像の同じ位置の画素の正規分布と比較し、平均値に近ければ背景画素、平均値から離れていれば前景画素と判断する。これによって前景物体が検出される。その後、その画像フレームの各画素が背景画素であるか前景画素であるかによって、背景画像の対応する画素の正規分布の平均値と標準偏差を修正して正規分布を更新し、その結果を新しい背景画像として次の画像フレームの各画素の背景・前景判断に用いる。正規分布の更新法は明るさの変化の程度に依存する。このアルゴリズムにより、風で揺れる木々の葉があっても、雨の日に雨滴がビデオ映像に写っても、また明るさの変化があっても、それらの影響を効果的に吸収して移動物体だけが適切に検出されることを実映像を用いた実験によって示している。

次に著者は、カメラが移動する場合のビデオ映像からも、逐次背景推定によって移動物体を検出する方法を提案している。カメラが動けば背景も動くため、提案法は、連続する画像フレーム間の背景の動きを射影変換行列でモデル化してこれらの2画像フレーム間の画素の対応関係を特定し、新しい背景画像上の各画素の正規分布の平均値と標準偏差を、双線形補間を用いて直前の背景画像から求めて新しい背景画像を作成する。この背景画像に対して、新しい画像フレーム上の各画素が背景・前景のどちらの画素であるかを判断する。この後、前述の方法と同様に背景画像の正規分布を更新する。提案法をハンドカメラで撮影されたビデオ映像に適用し、移動する歩行者・自動2輪車・自動車が正しく検出されることを実験的に示している。

最後に著者は本研究をまとめ、今後の課題について言及している。

以上のように本論文は、固定カメラの場合は背景モデルの更新により逐次背景画像の推定を行い、移動カメラの場合は背景画像の移動モデルによる背景モデルの作成とその更新により逐次背景画像推定を行う方法を提案している。実験結果によれば、提案法は歩行者だけでなく、一般道路を通常で走行する車両の検出も可能であるため、その応用は広いものと思われる。また提案法によれば、従来法と異なり、移動物体の形状が前景として直接得られるため、検出後の移動物体の意味解析に直接つながる有効な方法である。したがって本論文の成果は、コンピュータビジョンに基づく物体検出分野への貢献が大きく、さらに計測工学、とくに画像計測分野への貢献が大きいものと考えられる。

なお、本研究に関して、審査委員および公聴会における出席者から、最初の背景画像の作成法、背景画像推定から前景物体検出に到る処理時間、夜間への適用の可能性等に関して質問がなされたが、いずれも著者からの適切な説明によって質問者の理解が得られた。

以上より、本審査委員会は、学位論文及び最終試験の結果に基づき慎重に審査した結果、本論文が、博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。