



画像監視装置の開発

渡辺 顕 司*・梅 村 充 一・東久保 政 勝

Development of Video Surveillance Device — by Kenji Watanabe, Michikazu Umemura and Masakatsu Higashikubo — Information communication technology has been widely used for crime prevention and protection of the elderly. Currently, there is an increasing demand for video surveillance systems that can detect and report a stranger or suspicious behavior. Therefore, we have developed a video surveillance device that detects and tracks persons from the video sequence by using filtering logics and reports the result to the user through a network. This paper outlines the video surveillance device and its detection performance.

Keywords: video surveillance, tracking, machine learning

1. 緒 言

近年、防犯や高齢者等の見守りのためICTが積極的に活用されており、不審者や異常行動を迅速かつ正確に検出・通報できるシステムの需要が増加している。そこで、我々は、広角カメラの画像を用いた複数人物検出と、この検出情報を用いたカメラ（たとえば、ズームカメラ）の制御を行い、不審者と予想される人物の追跡・拡大撮影と、任意の情報端末への通報を可能とする画像監視装置を開発した。本稿では、開発した画像監視装置について報告する。

2. 画像監視装置の概要

本稿で報告する画像監視装置は、図1に示す画像監視システムにおいて、広角カメラ、パン・チルト・ズームカメラ（PTZカメラ）、および近赤外照明などの制御や、カメラ映像を用いた人・異常行動の検出と、有線／無線通信ネットワークを介した情報端末への通報を担当する装置である⁽¹⁾。

開発した画像監視装置では、広角カメラで撮影した広域画像から、画像処理によって任意の対象を検出する。この際に得られた検出位置情報に基づいてPTZカメラを制御し、対象を追跡しながら、より鮮明な画像を撮影する。さらに、対象が停止すると、拡大画像を撮影する。以上の検出・追跡処理の際に、広角カメラから取得した画像データを用いて、任意に設定した監視範囲内に侵入・存在する人の行動を検出する。不審者等が検出された場合には、ネットワークを介してスマートフォンなどの情報端末にリアルタイムで通報できる。さらに、上記情報端末への送信情報は、文字、静止画像、または動画像などを選択できるので、ユーザーの要望やネットワークの通信帯域に合わせた通報が可能である。

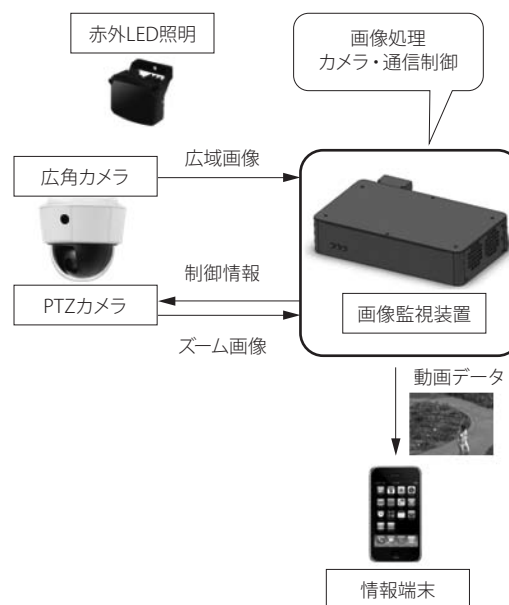


図1 画像監視システム概要と画像監視装置

以上の画像監視装置は、不審者の検出・通報といった犯罪防止、および犯罪捜査の支援のほか、集合住宅などにおける子供・高齢者見守りなどへの応用が期待できる。

3. 検出処理

本章では、開発した画像監視装置に実装される検出アルゴリズム概要として、PTZカメラを用いた任意の対象の追跡・拡大撮影、および不審者・不審行動判定のための人検出処理に関して報告する。

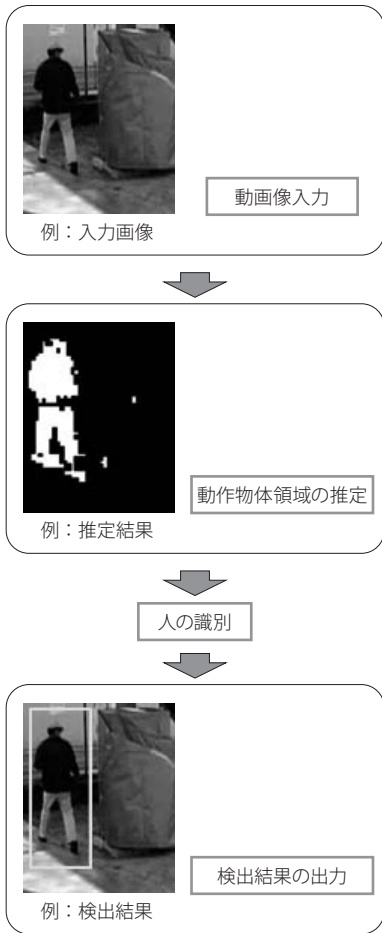


図2 人検出処理
検出結果例の矩形領域が、人と識別された動作物体領域
(人検出結果)を示す。

画像監視装置に実装される人検出処理では、図2に示す通り、まず、広角カメラから入力される(動)画像中の動作物体が存在する領域(動作物体領域)を推定する。次に推定した動作物体領域内の識別を行い、人と識別された領域を人検出結果として出力する。

3-1 動作物体の推定 一般に動画像中における動作物体の推定では、背景差分法や、時間(フレーム間)差分法などが用いられる⁽²⁾。一例として、画素値を用いた時間差分法を考える。ある時刻 t における入力画像の画素値 $I^{(t)}$ と、その前時刻 $t-1$ における画像の画素値 $I^{(t-1)}$ の差の絶対値が任意の閾値以上の場合、入力画像内で大きな画素値の変化が起きていることを示す。このとき、動画像は固定設置カメラから入力されると仮定すると、画素値が大きく変化した画素 M は、動作物体が存在すると推定できる。ここで、上記の画素値に関する差分は下式で表現される。

$$M = \begin{cases} 1 & \text{if } |I^{(t)} - I^{(t-1)}| > \text{Threshold} \\ 0 & \text{else} \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

開発した画像監視装置では、式(1)で表現される時間差分法などを用いて、動作物体領域を推定している。

3-2 識別 理想的な計測環境下ならば、3-1節で推定した動作物体領域が対象(人)であると判定できる。しかし、我々が提案する監視システムでは、屋外等の運用も想定しており、人以外の動作物体(たとえば、木葉揺れなど)も推定した動作物体領域に含まれている。そこで、開発した画像監視装置では、教師あり機械学習手法を用いた人識別機能を導入することで、誤検出の抑制を行った。

まず、画像内で i 番目に推定した動作物体領域から、輝度変化に頑健な微分特徴量である Histogram of orientation gradients (HOG) 特徴⁽³⁾ x_i を抽出する。次に、Support vector machine (SVM)⁽⁴⁾ を用いて事前に学習した識別空間に、抽出した HOG 特徴量を写影し、2値の出力結果から、 i 番目に推定した動作物体領域が人か否かを識別する。

SVM は画像認識の分野などで良く用いられる識別手法の一つであり、SVM を1層のニューラルネットと捉えた場合、ニューロンモデルとして最も単純な線形しきい素子を用いて、2クラスのパターン識別器を構成する手法と考えられる。

SVM の学習は、学習サンプル集合から「マージン最大化」を基準とした線形しきい素子のパラメータ、すなわち学習モデル w を推定することであり、式(2)の評価関数を最小化する最適化問題となる。

$$L(w, \xi) = \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^N \xi_i \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 ξ_i は i 番目のサンプルに関するスラック変数であり、 C は任意のバランスパラメータである。SVM は、以上の最適化問題を双対問題に帰着して解くことで、学習モデル w を推定している。

画像監視装置の SVM を用いた識別において、入力特徴ベクトル x_i に対する識別関数は以下の通りである。

$$y_i = \text{sign}(w^T x_i - h) \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 h はバランス項である。以上の式(3)より i 番目の入力ベクトルに関する2値の出力値 y_i を算出する。このモデルは、入力ベクトルとシナプス荷重の内積が閾値を超えれば(画像監視装置の実装では、人と識別した場合に)1を出力し、超えなければ-1を出力する。

今回実装した検出処理では、SVM を用いた識別のほか、複数のフィルタリング処理を実施することで、図3に示すように不審者検出や誤検出抑制に成功している。同一フレームにおける検出結果を見ると、識別器を導入しない場合、ブルーシートを人と誤検出している(図3(a))が、識別器を導入することで、誤検出の抑制に成功した(図3(b))。また、画像監視装置では、設置カメラから30m程度離れた位置に存在する人の検出が可能である(図3(c))。このとき、画面左上の樹木を保護物体と指定

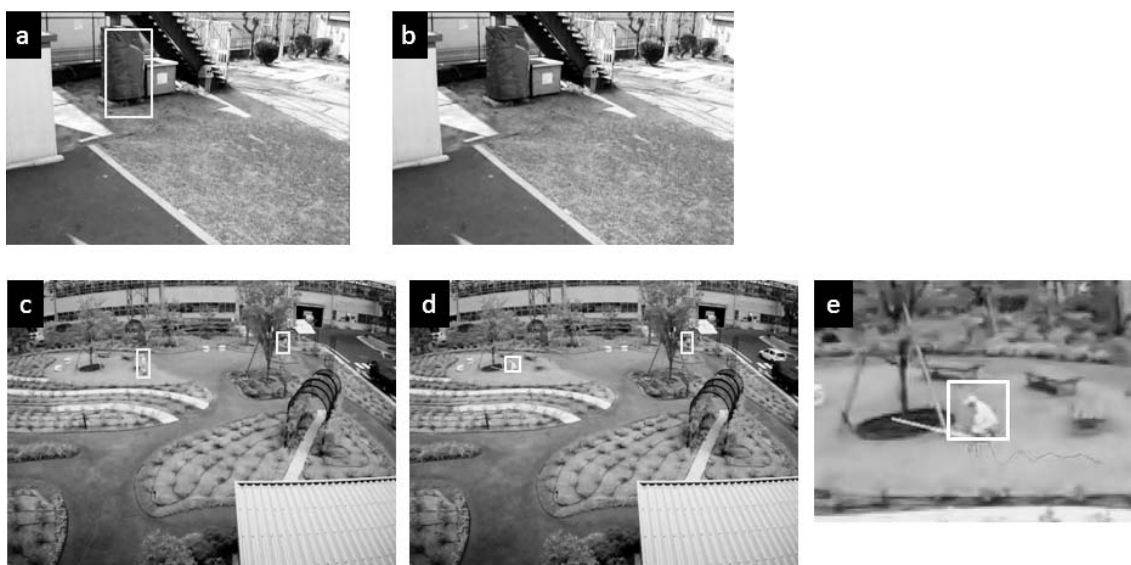


図3 識別器の有無による検出結果と不審者検出
 (a) 識別器なしの検出結果、(b) 識別器ありの検出結果、(c) 遠方での識別器ありでの検出結果、
 (d) 不審者判定結果、(e) 不審者判定結果の拡大図

すると、保護物体周辺の人検出結果に対して不審者判定を実施する(図3(d)、(e))。実際の出力画像では、通常の人検出結果は緑枠として表示され、不審者と判定された場合は、赤枠で表示される。

4. 事象検知と発報動作

本章では、画像監視装置が外部への通報(発報)を行うための仕組みに関して報告する。

4-1 事象検知 我々の開発した画像監視装置は、人検出処理結果、および設定したルールに基づき、事象検知を行う。設定可能な事象は、表1に示すとおり、3種類の設定監視領域(ルール)の下、計11種類の事象となる。ルールは用途別に設定可能であり、エリアを監視する「多角形」とスポットを監視する「多角線」「フェンス」が選択できる。このルールと事象を組み合わせることで、画像監視システムの設置環境と監視対象に応じた検出設定を行う。このとき、複数のルールを同時に設定することも可能である。その他、表2に示す通り、画像監視装置は4種類の機器状況も監視・管理している。

図4に駐車場で画像監視装置のルールを設定した場合の一例を示す。駐車場に進入する不審者の監視に加え、監視領域内に存在する人の動線検出や見守りを行うことが可能である。

4-2 発報動作 画像監視装置は、4-1節の事象検知を発報条件として、発報動作を行う。具体的な発報動作と動作内容を表3に示す。メールに添付する情報の一つである動画は、H.264でエンコードされており、一般的な

表1 事象検知ルール一覧

用途	ルール	事象	内容
エリア監視	多角形	存在	多角形内部に人が存在
		進入	多角形内部に人が進入
		進出	多角形内部から人が進出
		置き去り/持去り	多角形内部で物体が置き去り/持去りされた
		接近度	多角形内部に設定した監視地点に人が近づいた
		しゃがみこみ	多角形内部で人のしゃがみこみがあった
スポット監視	多角線	存在	多角線上に人が存在
		方向移動	多角線を人が設定方向に移動した
	フェンス	存在	フェンス上に人が存在
		よじ登り	フェンスを人がよじ登った
		降りる	フェンスから人が降りた

表2 監視する機器状況

用途	事象	内容
本体監視	デジタル入力	装置のデジタル入力を検知
	カメラ映像異常	入力カメラ映像に異常がみられる ※映像ロスト、霧、カメラ故障
	装置異常	画像監視装置本体に異常がみられる ※本体温度、電圧異常
	回線異常	画像監視装置のネットワークに異常がみられる



図4 駐車場におけるルール設定の一例
 (a) 多角線で通路の人物移動を監視
 (b) 多角形で駐車場内の不審者やしゃがみこみを監視
 (c) フェンスを乗り越える不審者を監視

表3 発報動作一覧

発報動作	動作内容
デジタル出力	デジタル出力を行う 他装置との連携を行うことができる
イベント録画	事象検知前後指定時間／サイズの映像を録画する
メール送信	検知した事象の内容をメール送信する 文字情報に加えて動画像、静止画像の添付が可能
PTZカメラ制御	検出位置情報に基づきPTZカメラを制御する

スマートフォンでの確認を容易にしている。画像監視装置がPTZカメラと連携している場合、その検出拡大映像も送信することが可能であり、より詳細な状況を遠隔から確認することができる。

表4に図4の監視設定の一例を示す。画像監視装置のユーザーは、事象検知ルールの設定時にデジタル出力をONにすることで、映像蓄積装置との連携や、パトライトを点灯させることが可能であり、無人／有人監視の支援を行うことができる。

表4 図4の監視設定の一例

設定ルールー事象	発報動作
多角線aー方向移動 (8時方向)	デジタル出力 ch0
多角形bー進入	デジタル出力 ch1
多角形bー存在	PTZカメラ追跡
多角形bーしゃがみこみ	メール送信 (動画添付)
フェンスー存在	イベント録画

5. 結 言

本稿では、不審者や異常行動を検出・通報するための画像監視装置の報告を行った。この画像監視装置では、機械学習アルゴリズムを導入することで、誤検出の抑制に成功した。さらに、検出した不審者等の検出情報を情報端末にリアルタイムで通報できる機能も実装している。

今後は、異常行動の類別・識別機能を実装し、より高度な不審者・異常行動検出機能を追加した製品の開発を行う。

参 考 文 献

- (1) 小野佑樹、東久保政勝、森口雅弘、荻内康雄、梅村充一、「広角・PTZカメラを組み合わせた画像監視システム」、第18回画像センシングシンポジウム (SSII2012)、DS2-10 (Jun. 2012)
- (2) 島田敬士、有田大作、谷口倫一郎、「混合ガウス分布による動的背景モデルの分布数増減法」、画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2006)、pp. 746-751 (Jul. 2006)
- (3) N. Dalal, and B. Triggs, "Histograms of Oriented Gradients for Human Detectio," Proc. CVPR, San Diego, California, USA, pp. 886-893 (2005)
- (4) V. N. Vapnik, "The Nature of Statistical Learning Theory," Springer, pp. 138-146 (1995)

執 筆 者

渡辺 顕司*: 情報通信研究所 博士 (工学)



梅村 充一 : 情報通信研究所

東久保政勝 : 情報通信研究所 グループ長

* 主執筆者