

監視映像からの非定常度推定技術

映像から注目すべきシーンを検出して、注目度の高い順に提示する技術について紹介します。定常的なパターンとは異なるパターンを検出し、はずれ具合を非定常度として定量化する統計的な手法を用いています。大量に蓄積されている監視映像をチェックする負担を軽減できるので、監視映像の高付加価値化機能として期待されています。

すどう きょうこ おおさわ たつや
数藤 恭子 / 大澤 達哉
わかばやし かおる こいけ ひでき
若林 佳織 / 小池 秀樹

NTTサイバースペース研究所

非定常度推定技術の重要性

近年、監視システムの普及に伴い、大量の監視映像をどのように扱うかが重要な問題となっています。ネットワークを介して蓄積される膨大な映像を再生してチェックするには大変なコストがかかります。そこで、監視業務を効率化するための映像処理技術が求められています⁽¹⁾。その1つが非定常検出技術です。普段と違う異常なことが起きていないかどうか、という観点で自動的にスクリーニングを行い、注意すべきシーンを抽出することができれば、効率よく問題のシーンを探すことができます。このように、普段と違う異常なシーンを探す技術にはいくつかの手法があり、「非定常検出」「異常行動検出」などと表現されています。

普段の定常的な状態を何らかの特徴量で定義できれば、それとマッチングをとって異なるものを非定常と判別することができます。しかし、多数のカメラからなる監視システムにおいて、カメラの設置場所ごとに定常状態を定義するのは困難です。そこで、ある程度の量のデータさえあれば、自動的にその中から定常的なデータとそうでないものとを識別する、教師なしの学習手

法が適していると考えられます。

通常と異なる、非定常なシーンを判断するには、映像中の人物の有無とそ

の行動が重要な指標となります。このため、近年監視映像を対象として顔検出や追跡のための有効なアルゴリズム

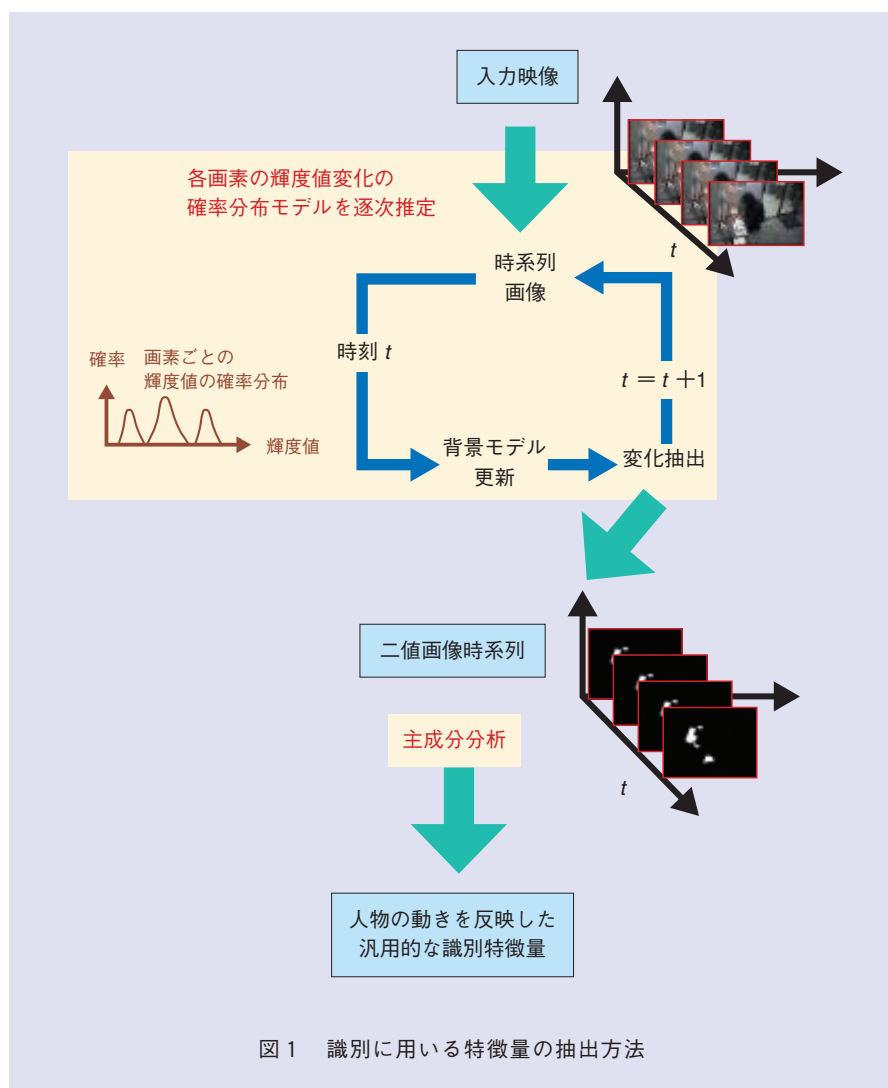


図1 識別に用いる特徴量の抽出方法

が提案されています。さらにこれらの技術を有効利用して行動パターンを解析し、非正常性の高いシーンを優先的に提示することができれば、大量の監視映像のスクリーニングに有効です。

本稿では、以上の考えに基づいて開発した、映像中のシーンの非正常な度合いを定量化し、非正常な順に提示する技術について説明します。この技術において、非正常とは特徴空間において大多数のサンプルからはずれている点として定義されます。人物の動きの時間的、空間的变化を反映する時空間特徴を用いて、映像シーンの非正常度の度合いを定量化した点がポイントです。

不審な動きを反映する特徴量

非正常状態を検出するには人物や物体の有無が重要な情報となるため、映像の変化領域に基づく特徴量が有効であると考えられます。背景の画素値の分布を確率モデルとして推定し、推定した背景との差分を取る手法⁽²⁾を採用し、定常的なノイズを排除し、変化した画素を安定して求めています。

時系列に並んだ数秒程度の映像の各フレームについて、変化した画素を1、それ以外の画素を0とする処理を行うと、例えば人が歩いていれば、人のシルエットを進行方向に引き伸ばしたような形状ができます。定常的な人の動きと、非正常な人の動きとでは、この形状が異なると考えられるので、先ほどの1、0の画素で構成される時空間特徴を識別特徴とします。この時空間特徴は画素数のフレーム数倍という大きな次元数を持つため、現在は

1、0の画像を時系列に並べたものの代わりに、1、0の画像の一定の寄与率以上の上位の主成分を用いることで次元数を削減し、識別の特徴量とします(図1)。この特徴量は、比較的小さい動作の変化も安定して抽出することと、時間的に数十秒分のフレームの情報を持たせることができます。

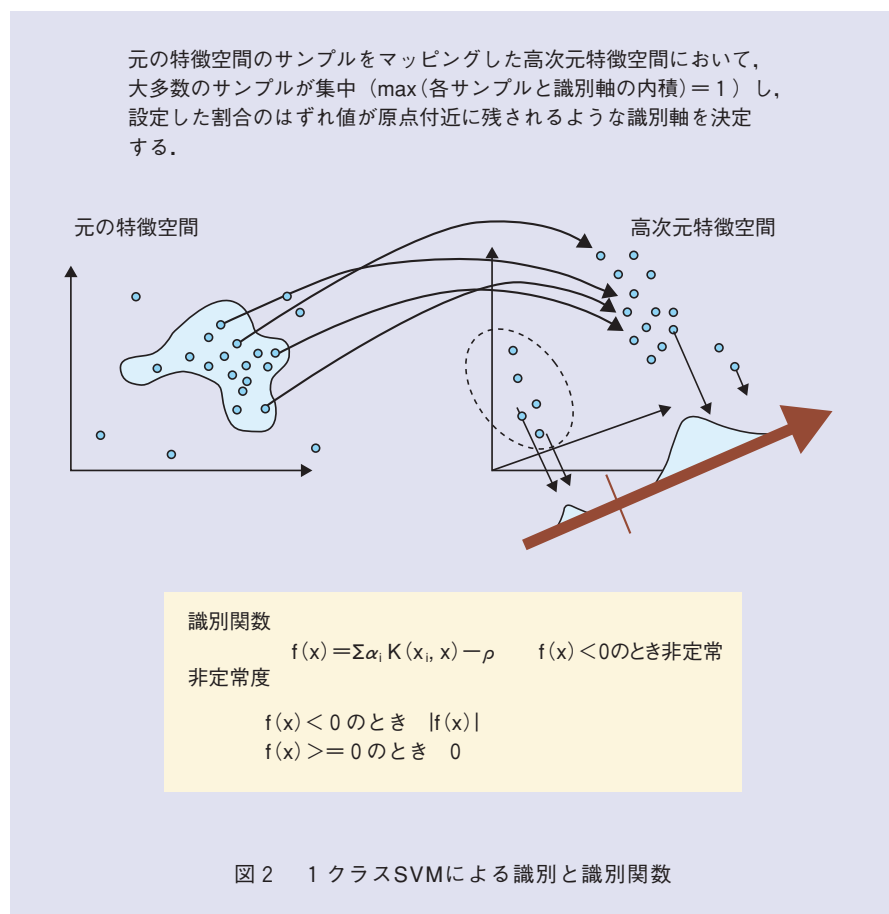
このため、例えば「うろうろする」「手を伸ばして物を盗る」というような不審な動きと、単純な往来や立ち止まりなどの動きとの違いも反映されます。

非正常度を推定する識別処理

分布からはずれ点を検出するには、

クラスタリングの結果いずれのクラスにも属さないものを非定常とする方法や、事後確率推定に基づく方法、部分空間法を用いる方法などがあります。

本研究では、非正常性の度合いの指標を数値化するため、1クラスSVMという手法を用いています。1クラスSVMで用いる識別関数は、特徴空間において、あるサンプルとそれ以外のすべてのサンプルとの距離が離れているとき、最小となります。この識別関数の最適化により、あらかじめ設定したパラメータによって決まる割合のサンプルをはずれ点として分離する軸を求めることができます⁽³⁾。



各サンプルをその軸上に投影することで、正の領域に投影されるサンプルは定常として、負の領域に投影されるはずれ点是非定常として識別されます(図2)。負の数値の絶対値は、大多数のサンプルからのはずれ具合とみなせるので、これを非定常度の指標として用いることにします⁽⁴⁾。

この手法で非定常が識別できるためには、大多数の入力サンプルは定常状態とみなせるような類似した映像シーンから生成されていることが前提となり、そもそも定常状態とみなせる状況がない場合には適用できません。

そうした意味で、オフィスの入り口や、銀行のATMなど、一度に視野に入る人数が少なく、人物の動きがほぼ一定しているような場所での監視映像に適していると考えられます。

非定常度推定の実験

実験用の監視映像を用いた実験結果を示します。この映像は、数十の定常シーンと非定常シーンが入り混じったビデオ映像です。肖像権上実際の監視映像を用いることは難しいので、場所は実際の銀行ATMと同じ環境で、役者を使っています。本研究で用いている特徴量は比較的低下解像度の画像にも適用可能なため、オリジナルの解像度640×480画素の映像を160×120画素に縮小して入力とすることで処理を効率化しています。フレームレートは毎秒30フレームで、500フレームから1サンプルを構成します。約30分の映像から、開始フレームを15フレームずつずらして合計3600サンプルの入

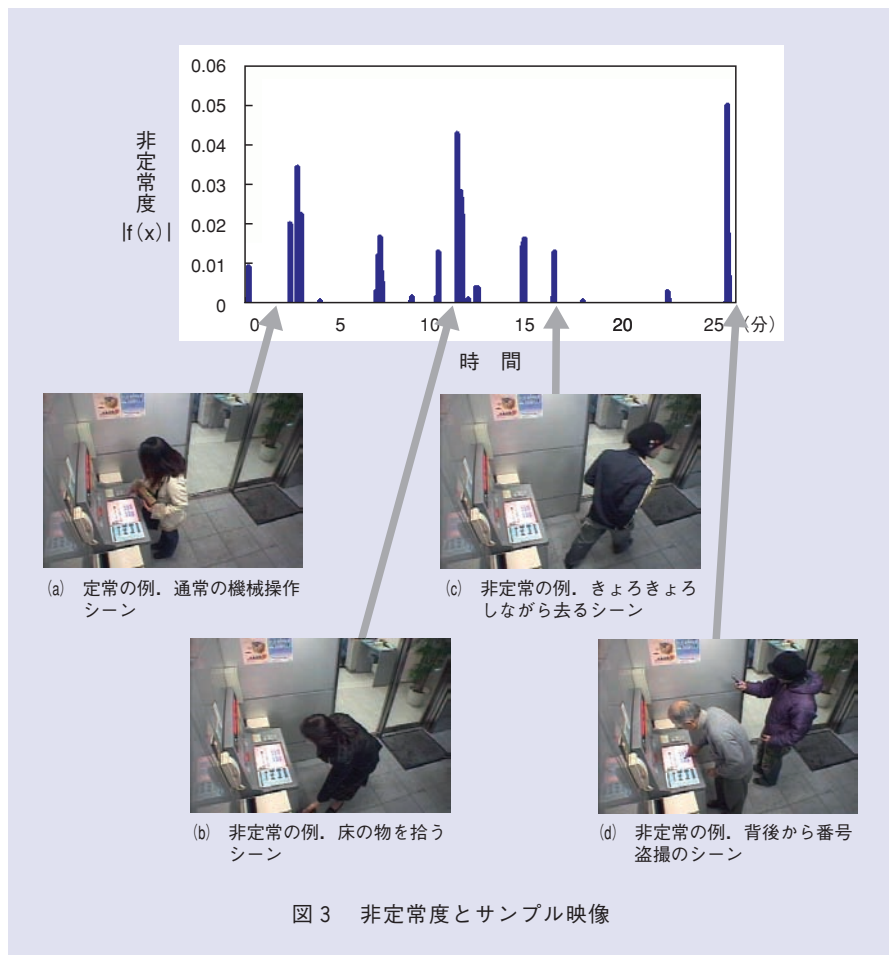


図3 非定常度とサンプル映像

力特徴ベクトルを生成します。各サンプルは、1サンプル中に1フレームでも非定常シーンが含まれていれば非定常、とラベル付けします。

実験の結果得られた非定常度($f(x) < 0$ のとき $|f(x)|$, $f(x) \geq 0$ のとき0)の時間変化と定常と非定常の例を図3に示します。非定常とラベル付けされたシーンは負の値を取り、非定常として検出されました。

図3(b)の「床の物を拾うシーン」は、定常を想定したシーンですが、姿勢の大きな変化が映像中に生じたことで非定常と判定されました。しかしお

おむね直感に近い結果が得られました。

監視効率を高める提示方法

以上に述べた方法によって、各フレームに対応する非定常度の数値の時間系列が得られます。次にこの値を映像と対応付けて非定常な映像を効率よく閲覧する方法が必要です。そこで、元の映像がカメラの動体検知機能を用いたりして、短いシーケンスに区切られて記録されている場合には、非定常度の数値の高い時刻から元の映像のその時刻にリンクします。元の映像が連続した長時間データである場合には、映



像を一定フレーム数ずつのカットに分割して非正常性を抽出し、これを並べ替えて提示します。

図3に示した識別結果の同じデータについて、映像を効率よく閲覧するための提示を行った画面例を図4に示します。図4では、(a)の時間順に比べ、(b)の非正常順の方が、「番号盗撮のシーン」「物を拾うシーン」等が最初に提示されており、いつもと違ったシーンを容易に、重点的にしかも早く把握することができます。

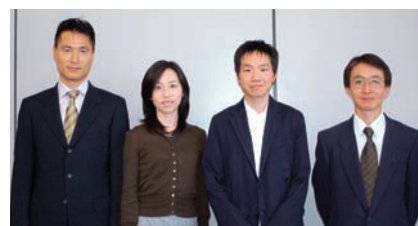
まとめ

監視業務をサポートするための非正常度推定手法について説明しました。カメラの設置場所に依存した知識を用いずに、元の映像そのものの情報に近い時空間特徴量を用いることと、非正常度の推定において、あらかじめ定常と非正常の教師データを必要としないことが特徴です。これらの特徴によって、多数のカメラから構成される監視システムにも適用可能となることが期

待できます。

参考文献

- (1) W. Hu, T. Tan, and L. Wang: "A Survey on Visual Surveillance of Object Motion and Behaviors," Proc. IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics Part C, Vol. 34, No. 3, pp. 334-352, 2004.
- (2) C. Stauffer, and W. Grimson: "Adaptive background mixture models for real-time tracking," IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol. 2, pp. 246-252, 1999.
- (3) 麻生・津田・村田: "パターン認識と学習の統計学," 岩波書店, 2003.
- (4) 数藤・若林・荒川・安野: "長時間監視映像からの非正常シーケンスの検出," 情処学コンピュータビジョンとイメージメディア研究会, CVIM-151, 2005.



(左から) 若林 佳織/ 数藤 恭子/
大澤 達哉/ 小池 秀樹

監視カメラが単なる抑止力として設置されるのではなく、その映像を十分に活用されるようになることで、より社会の安全性を高めることができると考えます。そのため、非正常度推定技術が貢献できるよう、今後も開発を進めていきます。

◆問い合わせ先

NTTサイバースペース研究所
 画像メディア通信プロジェクト
 TEL 046-859-3545
 FAX 046-855-1062
 E-mail sudo.kyoko@lab.ntt.co.jp