

動画像認識を用いた異常検知技術

岸 札子
山本 一真

ファン チョンフィ
増田 誠

OKIでは、より安全で便利な社会のインフラを支える技術基盤の構築を目指し、その一つとして画像認識を用いた異常検知技術を開発している。一般に、異常検知技術は正常データからモデルをつくり、そのモデルから外れるものを異常と判定する技術である。多くの場合、異常なデータを事前に網羅的に収集することは困難であるため、正常なデータのみから作成したモデルを利用して異常を検知できることは実際のソリューション実現のために非常に有用である。

本稿では、まず、画像認識を用いた異常検知技術を適用するソリューションの例を示す。また、動画像処理による異常検知技術の一般的な取組み例を紹介する。さらに、OKIの製品の一つであるATMへの異常検知技術の適用を説明する。

異常検知技術の適用ソリューション

画像認識による異常検知技術の適用を想定しているソリューション例を図1に示す。金融・流通分野の例では、ATM異常行動検知がある。これは、ATMを操作する手の動きをカメラで捉え、通常の取引による動きか、犯罪を目的とした異常な動きかを自動で判断する。異常と判断した際は、アラーム発報や警備員への通知、端末画面に注意喚起表示などを行う。交通分野の例では、道路交通状況をカメラで監視し、逆走や避走、停車などを異常状態として自動で検知し通知することで、安心・安全な交通を実現する。交通監視センターでは、通知された異常な映像のみを目視確認し高速隊の出動などの判断に役立てることができる。製造分野の例では、製造不良品の自動検出や検出した製造不良品の原因を分析し、生産性の向上や製造工程の改善に役立てることができる。

また、画像認識技術以外でも、OKIではログデータや振動データによる異常検知技術に取り組んでいる。例として、製造現場での、工場設備や機器の故障を事前に予測する取組みがある^{1),2)}。

このように、異常検知技術を利用したさまざまなソリューションが考えられ、その実現に向けて開発している。

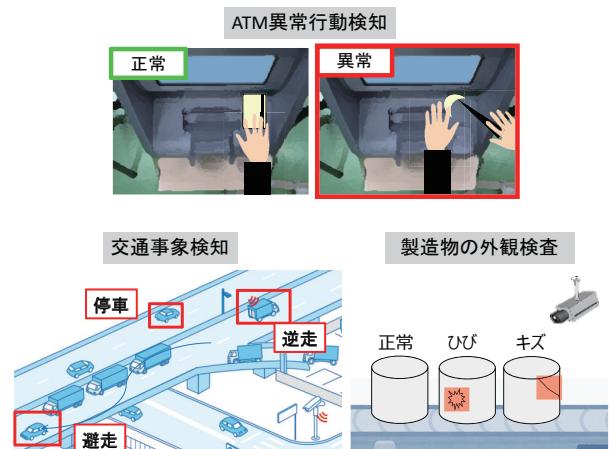


図1 異常検知技術のソリューション例

動画像処理による異常行動検知

ここでは、画像認識の中でも動画を対象とした異常検知技術の一般的な取組み例を紹介する。

動画像による異常行動検知は一般的に、動画像特徴抽出と識別処理で構成される。以下、これらの処理の具体例を紹介する。

複数人の歩行者が存在する場合の転倒動作を異常として検知する例³⁾では、動画像特徴に立体高次局所自己相関(CHLAC)を、識別処理に部分空間法を用いている。CHLACは画像を2値化し、連続する3フレーム間の局所領域を251個のパターンに当てはめ、パターンの出現回数を特徴とする手法である。異常行動が正常行動の中に混ざっても検知でき、かつ、検知性能は画像内の位置に依らないという利点がある。部分空間法では、特徴空間上に正常行動の部分空間を構成し、入力フレームから得られる特徴量とその部分空間との距離を異常度として扱う。

エスカレーターでの転倒を対象とした手法の例⁴⁾では、動画像特徴にSpace-Time Patch(ST-Patch)を、識別処理にContinuous Rank-Increase Measure(CRIM)を用いている。ST-Patchは、動画像の小領域内の濃度勾配値の統計量から求められる。勾配値は上下左右の画素に加え連続するフレーム間からも求めるため、特徴量は「見え」

と「動き」の情報を併せ持っている。CRIMは、ST-Patchから計算できる非定常度の値で、この値が閾値を超えたときに異常とみなす。ST-Patchを特徴量としてReal AdaBoostと呼ばれる機械学習手法によって人物領域を検出し、Real AdaBoostの信頼度を用いて人物領域内の人の部分を重み付けしたCRIMで異常を検知している。

その他にも異常行動検知に用いられる手法には、動画像特徴としては、Optical Flow⁵⁾、STACOG⁶⁾、MHI⁷⁾などがあり、識別処理としては、Linear Discriminant Analysis (LDA)、Support Vector Machine (SVM)、Gaussian Mixture Models (GMM)などがある。

異常行動検知のATMへの応用

我々は、画像認識を用いたATM異常行動検知を開発し、実験した。

海外ではATM利用者のカード情報や暗証番号情報を盗み取るスキミングなどの犯罪が深刻な問題となっている。このような犯罪を実行時に検知することは、その場での警報や通報による犯罪抑止や監視員の負担軽減につながるため重要である。しかし近年は犯罪装置の小型化が進み、ATM外観からは犯罪装置の識別が困難となっている。そのため、犯罪装置だけでなくそれを取り付けている行為も検知する技術を実現する必要がある。犯罪行動は多種多様であり、事前にすべてを想定することは難しい。従って、正常データのみからモデルを作成できる異常検知技術を用いる。ATMの上部に監視カメラを設置し、手元の細かい動作が分かるように操作部を中心に撮影する(図2)ことで、犯罪装置の取付け行為などを検知できるようにする。

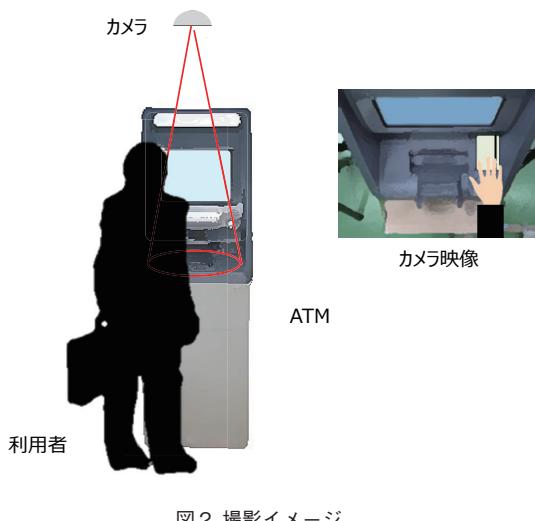


図2 撮影イメージ

「引き出し」・「預け入れ」などのATMに対する通常操作が正常行動となる。正常行動は動作速度に個人差があり、更に「端末上に手を置く」・「持ち物を持つ」など操作以外の動作が含まれる。また、異常行動はカードを挿入口へ差し込むふりをして犯罪装置を設置するなど、正常行動に似せた犯罪行動が起こり得る。このように正常行動と異常行動に多様性があるため動画像処理のみでの識別は十分な精度を期待できない。そこで、我々は動画像処理による異常行動検知にATM状態把握を組み合わせたATM異常行動検知の技術を開発した。

ATM状態把握を融合した異常行動検知

動画像特徴抽出とATM状態把握及び識別処理による異常行動検知を以下に述べる。

ATM状態把握とは、「無人状態」・「暗証番号入力状態」などといったATMの取引状態(以下、ATM状態)を把握することである。ATM状態は、ATM自体から通知される内部状態の情報を用いて把握する。ATM状態把握によって起こり得る正常行動を限定することで、異常行動検知の識別性能を向上できる。

例えば図3のように、無人状態から利用者が取引して立ち去るまではATM状態は多様に変化する。「暗証番号入力状態」では暗証番号キーに対する動作が発生するが、それ以外のATM状態時に暗証番号キー周辺に動作があることはまれであり、そのような場合には異常として検知できる。また、「近接状態」は取引開始前または終了後のことである。そのためATM操作のような複雑な動きは起こらないはずであり、複雑な動作がある場合には異常として検知できる。

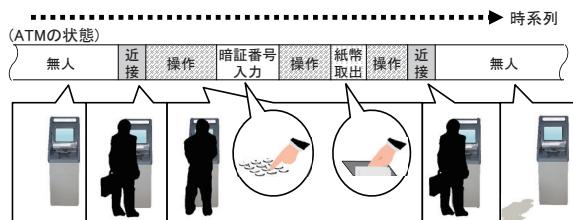


図3 ATM状態の例

図4にATM異常行動検知手法の流れを示す。一般的な異常行動検知の手法の識別処理と同様に、開発手法は異常検知辞書を作成する学習フェーズと異常検知辞書を用いて異常行動を検知する検知フェーズに分かれる。以下では、学習フェーズと検知フェーズそれぞれの流れを示す。

学習フェーズでは、正常行動のみを用いて機械学習によりATM状態ごとの異常検知辞書を生成する。まず、カメラか

ら映像を取得し、フレームごとに正規化画像を生成し特徴量を抽出する。ATM状態把握では、入力フレームに対応するATM状態を取得する。その後、蓄積した特徴量に対して、ATM状態ごとに異常検知辞書を生成する。

検知フェーズでは、入力フレームごとに正常／異常を判定する。映像取得からATM状態把握までは、学習フェーズと共に処理となる。入力フレームと同じATM状態時の特徴量から生成した異常検知辞書を選択して識別処理し、正常／異常を判定する。

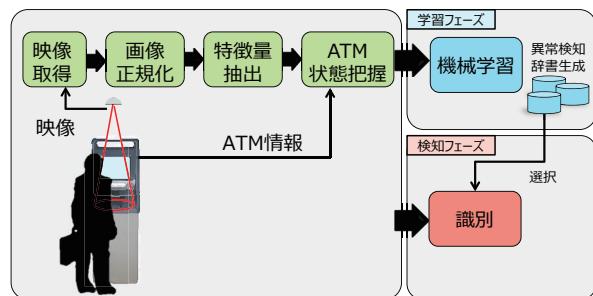


図4 ATM異常行動検知の流れ

ATM異常行動検知の実験

開発手法の有効性を確認するため実験を行った。

社内で模擬環境を構築し、ATMに対し実際に動作する映像を取得した。被験者として社員149名を撮影し、正常行動データと異常行動データを取得した。正常行動データは、ATMの通常の取引を撮影したものである。通常の取引には、左手の操作、手を置く動作、紙幣を数える動作など特徴のある動きを含む。これにより、多様性のある正常行動を評価できる。異常行動データは、一般に知られている犯罪事例を元にしてシナリオを作り、犯罪行動を真似た動きを演じた行動を撮影した。実験では、犯罪装置を模した装置をカード插入口に取り付ける動作を検知対象の異常行動とする。学習データと検知データの内訳を以下に示す。

・学習データ:

正常行動 約800動作(約60万フレーム)

・検知データ:

未学習の正常行動 約240動作

異常行動 32動作

映像をフレームレート10fpsで取得し、画像正規化で640×480pixelにリサイズする。ここでは、動画像特徴にはST-Patchを用い、識別処理には部分空間法を用いた。

ST-Patchは細かい動きに対応できる特徴量であるため選択した。また、部分空間法は一般的に用いられる手法として選択した。入力フレームの特徴量と正常行動の部分空間との距離を異常度として算出し、異常度が閾値を超えた場合に「異常」と判定する。

ATM状態把握の有効性を示すために、そのある場合とない場合(ATM状態把握なし)の検知精度を比較した。評価は動作単位で実施し、各動作の中で一度でも異常と判定されたフレームがあればその動作を「異常」とし、そうでない場合は「正常」とする。評価指標には、Equal Error Rate(EER)を用いる。EERは、正常行動の誤検知率と異常行動の未検知率が等しくなるときのエラー率である。

ATM状態把握なしの場合はEERが8.3%となった。正常行動に含まれるカードの入れ直しをする動作が高い異常値となったことが原因として挙げられる。一方、ATM状態把握を導入した開発手法ではEERが0%となり、正常行動と異常行動を全て正しく識別できた。ATM状態把握がない場合は多様な正常行動を一つの部分空間として表現するのに対し、開発手法はATM状態ごとに起こり得る正常行動を学習しそれぞれの部分空間として表現するため、誤検知・未検知が改善されたと考えられる。

表1 評価結果

	ATM状態把握なし	ATM状態把握あり
EER	8.3%	0%

おわりに

なお、画像認識による異常検知技術としてATM異常行動検知の開発事例を紹介した。これは動画像による異常検知では一般的である動画像特徴抽出と識別処理に加え、ATM状態把握を組み合わせる手法である。これにより、動画像処理のみでは識別できなかったカード入れ直しなどの正常行動と異常行動に対して結果が改善されることを確認した。本稿では、動画像特徴抽出としてST-Patch、識別処理として部分空間法を用いたが、ATM異常行動検知技術に用いる手法はこれに限ったものではなく、環境条件などに合わせて他の方法を選択することもできる。

現在、画像認識を用いた異常検知技術をATM以外の事業分野へ適用するために研究開発を継続している。今後、実証実験などを通じて事業化へ向けた取組みを進めしていく。



参考文献

- 1) 清水圭、加部隆久:AIによる電子部品実装機の予兆検知、OKIテクニカルレビュー第231号、Vol.85 No.1、pp.20-23、2018年5月
- 2) 関根理敏、小林一樹、伊加田恵志:機器の振動データの非負値行列因子分解による特徴抽出と異常検知、人工知能学会全国大会、2018.
- 3) 南里卓也、大津展之:複数人動画像からの異常動作検出、情報処理学会論文誌、vol.45、no.SIG_15、pp.43-50、2005.
- 4) 弓場竜、村井泰裕、藤吉弘亘:時空間特徴の統計的学習を用いた異常行動検知、電子情報通信学会論文誌、vol. J95-D、no.6、pp.1369-1379、2012.
- 5) 林健太郎、羽下哲司、関真規人、笠川耕一:映像監視における人物位置行動の検出技術、情報処理学会論文誌、vol.47、no.SIG_9、pp.12-19、2006.
- 6) Takumi Kobayashi, Nobuyuki Otsu: Motion recognition using local auto-correlation of space-time gradient, Pattern Recognition Letters, vol.33, no.9, pp.1188-1195, 2012.
- 7) 弓場竜、縣禎輝、藤吉弘亘:回帰推定による欠損距離画像の動作特徴量補正法、電子情報通信学会技術研究報告、信学技報、2012.

●筆者紹介

岸礼子:Reiko Kishi. 経営基盤本部 研究開発センター AI
技術研究開発部
ファンチョンフィ:Phan Trong Huy. 経営基盤本部 研究開発
センター AI技術研究開発部
山本一真:Kazuma Yamamoto. 経営基盤本部 研究開発
センター AI技術研究開発部
増田誠:Makoto Masuda. 経営基盤本部 研究開発センター
AI技術研究開発部