

時系列データを用いた人の危険行動検知手法の開発

Development of malicious behavior detection method by using time-series data

東京大学	藤田 智之	Tomoyuki FUJITA	Non-member
東京大学	出町 和之	Kazuyuki DEMACHI	MEMBER

Under the influence of the F1 accident, there is a growing threat to nuclear security. Among the nuclear security threat, current sensing technique is not effective to sabotage by an insider. In this research, for the purpose of detection of dangerous behavior, dealing with the time-series data. The analysis of the data using PCA(Principal Component Analysis) and SBM(Similarity Based Modeling), was determined for several types of motion.

Keywords: nuclear security, time-series data, PCA, SBM, detection method

1. 序論

福島第一原発事故以降、原子力発電所の枢要設備の構造と存在がメディアによって取り上げられ、人為的に過酷事故が発生可能であることが世界に知られた。これにより、原子力施設に対するテロリズムの脅威が増加している。核セキュリティの脅威の中でも特に内部脅威者による妨害破壊行為には現行の監視カメラを用いた検知技術は有効ではなく、新技術の開発が急務である。本研究では画像解析に基づく内部脅威者の検知を目的とし、画像の時系列データを用いて人間の行動の判別が可能かを検証した。時系列データの解析に当たり、データの軽量化のために Kinect を用いて撮影実験を行い、三次元骨格データを取得することを試みた。データの解析には主成分分析(Principal Component Analysis)(以下 PCA)と Similarity Based Modeling(以下 SBM)を採用した。

2. 手法

2.1 撮影方法

撮影機材として Kinect を用い「たたく(縦)」、「叩く(横)」、「歩く」、「突く」、「物を置く」の5種類の動作(j=1~5)を撮影した。判定用動画として5動作をそれぞれ10回繰り返す動画と、判定対象として5動作を2回ずつランダムな順番で10回行う動画を撮影した。なお、撮影速度は30fpsであり、各動画の撮影フレーム数は500Fとした。

2.2 右腕の動作の検出

連絡先:藤田智之、〒113-8654 東京都文京区本郷7-3-1、東京大学大学院工学系研究科原子力専攻、E-mail: pikapoke516@gmail.com

今回は右腕の動きのみに着目し、Fig.1 に示す5関節の x,y,d 座標(縦、横、奥行き)座標から4つの角度 $\theta_1 \sim \theta_4$ を得た。

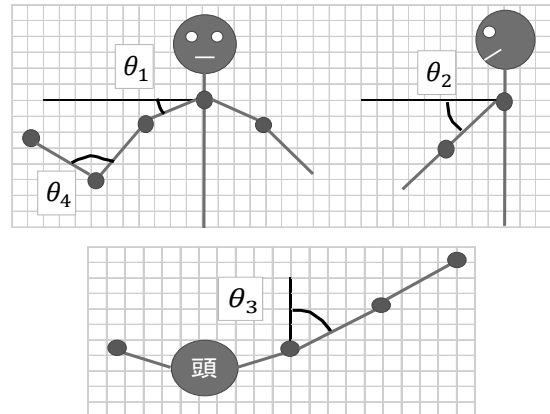


Fig.1 4 acquired angles

2.3 時系列データ X_j の作成

式(2.1)のように j 番目の動作の1~50Fの4角度を縦に並べたものを時系列ベクトル $x_{j,1}$ とし、同じく2~51Fを $x_{j,2}$ とし、これを $x_{j,451}$ まで繰り返す。 $x_{j,1}$ から $x_{j,451}$ を横に並べて時系列行列 X_j とした。

$$X_j = [x_{j,1}, \dots, x_{j,451}] = \begin{bmatrix} \theta_{j,1,1F} & \dots & \theta_{j,1,451F} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \theta_{j,4,50F} & \dots & \theta_{j,4,500F} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

2.4 動作パターンの解析

2.4.1 PCA(principal Component Analysis)

まず X_j の自己相関行列 $X_j \cdot X_j^t$ の主成分分析により固有ベクトルを求め、このうち固有値の大きい30個の主成分ベクトル $v_{j,1} \sim v_{j,30}$ を横に並べて行列 V_j とした。判定対象動画の時間ステップ t における時系列ベクトルを x_t とし、 $v_{j,1} \sim v_{j,30}$ で張られる平面と

x_t との距離 $L_{j,t}$ を求めた。

$$V_j = [v_{j,1} \ \cdots \ v_{j,30}] \quad (2.2)$$

$$L_{j,t} = |x_t - V_j \cdot V_j^t \cdot x_t| \quad (2.3)$$

2.4.2 SBM(Similarity Based Modeling)

時系列データ X_j から 5 列おきに 30 列を抜き出し結合して、テンプレート行列 D_j とした。更に、内挿行列 G_j の逆行列を計算し、 x_t とテンプレート D_j から類似度 $a_{j,t}$ を計算した。[1]

$$G_j^{-1} = \text{inv}(D_j^t \cdot D_j) \quad (2.4)$$

$$a_{j,t} = D_j^t \cdot x_t \quad (2.5)$$

類似度 $a_{j,t}$ から x_t の推定値 $\hat{x}_{j,t}$ を求め、 x_t と $\hat{x}_{j,t}$ の距離 $L'_{j,t}$ を求めた。

$$\hat{x}_{j,t} = D_j \cdot \frac{G_j^{-1} \cdot a_{j,t}}{\sum G_j^{-1} \cdot a_{j,t}} \quad (2.6)$$

$$L'_{j,t} = |x_t - \hat{x}_{j,t}| \quad (2.7)$$

2.5 判定方法

上で求めた 2 つの距離 $L_{j,t}$, $L'_{j,t}$ は図 2-2 のように表される。緑線は x_t の軌跡、各平面は 5 種類の動作から得られる PCA の主成分ベクトルまたは SBM のテンプレートを基底ベクトルとする平面である。赤線は x_t の各平面への射影である。ここでは x_t との距離 $L_{j,t}$, $L'_{j,t}$ が最小となる平面に対応する動作を判定結果とした。

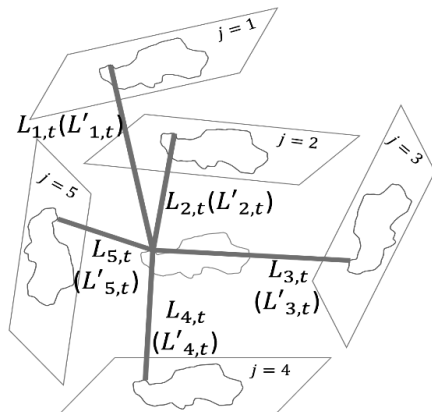


Fig.2 The determination target x_t (the green line), the principal component vector V (or template D) corresponding to the 5 types of behavior, x_t of the projection of the plane to the ground (red line), and from x_t to 5 plane distance (blue line)

3. 結果と考察

3.1 PCA による判定

PCA を用いて判定対象動画の 5 動作判定を行った。Fig.3 の横軸は時間ステップ、縦軸は 5 動作についての距離 $L_{j,t}$ である。Fig.3 中の $\circ \times$ は判定の正解・不正解を表している。「叩く 1(縦)」と「叩く 2(横)」の結果が混同し、同じく「突く」と「物を置く」の結果が混同した。「歩く」の判定は正しい結果を得ることができた。

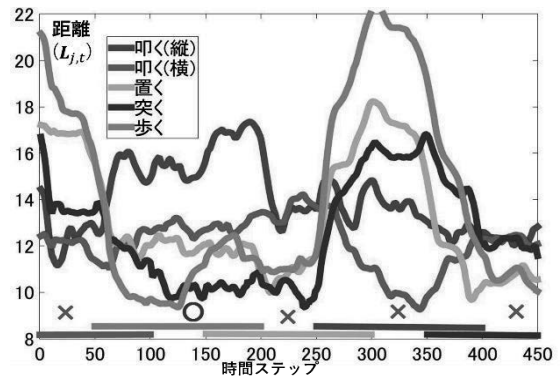


Fig.3 5 behavior judgment result by the PCA

3.2 SBM による判定

SBM における 5 動作判定結果を Fig.4 に示す。「歩く」、「叩く(縦)」、「叩く(横)」、「物を置く」、の判定に成功し、「突く」と「物を置く」、の判定が混同した。

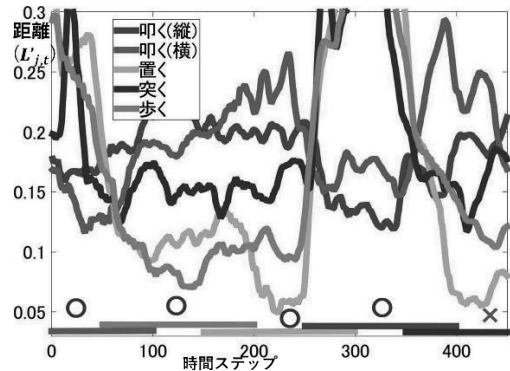


Fig.4 5 behavior judgment result by the SBM

3.3 課題解決のための提案

まず Kinect を用いて正確に骨格追跡を行うために、複数の Kinect を同時に接続し別々の角度から撮影を行うという解決策がある。次に判定精度の向上については、腕の角度のみでなく腕の動きに連動した手首や背骨、腰など別の骨格情報も入力データとして用いるという解決策を提案する。

4. 結論

- ① 座標変換、時系列データ作成、PCA、SBM を用いた動作判定手法を提案しプログラムを作製した。
- ② SBM による判定は、「突く」と「物を置く」の混同はあるものの概ね成功した。
- ③ 判定結果を検証し以下の課題を抽出した
 - ・撮影条件によるデータ取得精度の向上
 - ・入力データ追加による判定結果の精度向上

参考文献

- [1] 高木幹雄、下田陽久(2004)「新編 画像解析ハンドブック」pp.757-764, 東京大学出版会
- [2] W. Duch, "Similarity-based methods: a general

framework for classification, approximation and
association,” Control and Cybernetics, Vol. 29,
No. 4(2000)