

歩行者における異常行動の特徴抽出

中村 一美^{*1} 露木 章史^{*2} 田中 一基^{*1}

Feature Extraction of Abnormal Behaviors in Pedestrians

Hitomi Nakamura^{*1}, Akifumi Tsuyuki^{*2} and Kazumoto Tanaka^{*1}

Abstract – The purpose of this study is to extract feature of pedestrian abnormal behaviors for monitoring with security cameras. 33 participants joined in this study: 15 children, 6 university students and 12 elderly people. Femoral movement was useful as to extract feature at turning right during gait. However, similar features detected during static gait too. Therefore we think that we should use other indicators for feature extraction: dynamic Acceleration and angle of elbow and so on. We also think that we will try other condition on gait and find differences of property of participants. In the future, we want to propose the method of extract abnormal behaviors with security camera.

Keywords: Feature Extraction, Gait, Automatic monitoring and Behaviors

1. はじめに

近年、犯罪の抑止および捜査への利用目的等により、我が国における防犯カメラの普及率は増加傾向にあり、一般家庭への普及も進んでいる。従来、防犯カメラや監視カメラにより撮影した動画は目視による監視に頼っており、設置されたカメラの増加による人件費の増大は避けられない。

最近では画像認識技術の進歩により、膨大なデータから、特定の人物の顔の特徴抽出を自動的におこない、目的の人物を探し出してくれるシステムがある^[1]。しかし、あらかじめ膨大な顔データが必要で、未知の人物には使用できない。不審な動作の特徴抽出をおこなうことで不審者を検出するシステムを構築できれば有用である。

そこで本研究では、非接触計測システムを構築し、歩行動作時における異常行動の特徴抽出をおこなった。具体的には、児童、大学生、高齢者に対し、急な走り出し、方向転換などの歩行動作をおこなってもらい、異常行動の前駆現象の検出を試みた。

2. 実験方法

2.1 実験参加者

実験参加者は、4～9歳の児童15名（男子7名、女子8名）、20～22歳の男子大学生6名、65～70歳の高齢者12名（男性6名、女性6名）の、計33名である。神経学的所見がなく通常歩行が可能であり、実験内容について十分理解できるものとした。ただし、20歳未満である児童については保護者が実験に同伴し、同意を得た。本実験

は近畿大学工学部生命倫理委員会の承認を得て実施した。

2.2 実験環境

図1に実験環境を示す。左図が歩行区間および Kinect の配置図、右図が実際の実験場所である。30[m]×21[m]の屋内施設に Xbox 360 Kinect センサ(SYD-L6M-00005, Microsoft, 以下 Kinect)を4台配置した。図中の赤矢印は Kinect の向きである。通常歩行に加え、方向転換前後の動作も計測できるように、Kinect の計測範囲を補うように配置した。Kinect による計測のフレームレートは 30[fps]であった。また、同時にビデオカメラによる撮影もおこなった。

全長 7[m]の歩行路にはマットを敷き、実験参加者に歩行場所を明示した。また、方向転換については実験者が電子ホイッスルにより合図をおこなうが、停止位置には歩行路と同様のマットを敷いた。

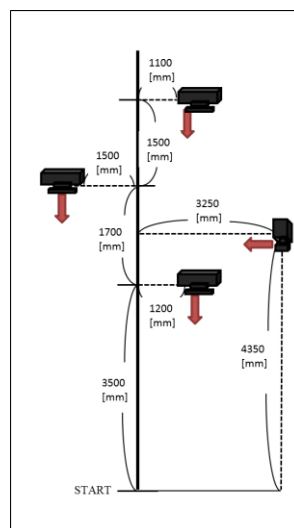


図1 実験環境

Fig. 1 Experimental Environment

^{*1}: 近畿大学 工学部

^{*2}: 慶應義塾大学大学院 理工学研究科

^{*1}: Faculty of Engineering, Kindai University

^{*2}: Graduate School of Science and Technology, Keio University

2.3 実験条件

本実験の条件を表 1 に示す。条件 2, 3 については、前述の通り、実験者が電子ホイッスルにより合図をおこなった。条件 4～6 は条件 1～3 にランドセルによるについては児童の実験参加者のみ対象とした。予備実験において、大学生に 3[kg] のリュックを背負わせて計測した際、リュックを背負わせていない場合と比較して有意な差が見られなかったが、児童の場合、体格上荷物の有無による影響が無視できないと考えたためである。児童が背負

表 1 実験条件

Table 1 Experimental Condition

条件番号	条件
1	ジョギング
2	歩行中、合図後ジョギング
3	歩行中、合図後右方向に 90[deg] 方向転換
4	条件 1 + ランドセル
5	条件 2 + ランドセル
6	条件 3 + ランドセル

うランドセルは普段、実験参加者本人のもの（未就学児童の場合は兄弟姉妹が使用しているもの）とした。教科書等は入れたままとし、約 4[kg] の重量であった。

各条件共に 3 試行ずつおこなった。本稿では、条件 3 の結果について後述する。

2.4 解析項目

本実験では、大腿部（振出量、角度）、動加速度、肘関節に着目し解析した。以下各項目について記述する。図 2 に示すように、大腿部の振出量とは、鉛直方向から脚を振り出した時の腰から膝までの距離であり、地面から見て垂直を 0 とし、前方への振出を正数、後方への振出を負の数で示す。また、大腿部の角度は、地面から見て鉛直方向を 0 とし、腰部から膝にかけての開きを示した角度である。

動加速度は、腰の移動速度と全関節の移動速度より算出した加速度である。

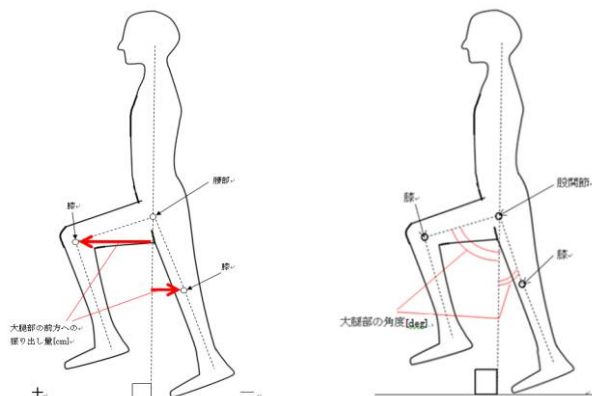


図 2 大腿部の振出量と角度

Fig. 2 Projection on Forward Axis and Angle of Leg



図 3 肘関節角度

Fig. 3 Angle of Elbow

肘関節においては角度（図 3）を指標とし、歩行時に大腿部の指標が計測できない際の補間とした。

3. 実験結果

3.1 大腿部振出量

方向転換時の大腿部の振出量について結果の一例を図 4 に示す。横軸は計測開始からの経過時間[s]、縦軸は大腿部の振出量[cm]である。青線は大腿部振出量の左右差、赤線は、座標データ変換ソフトウェア Motion Viewer により生成された 3D モデルの CG 動画上において、方向転換を目視により確認した時点として示している。

結果、目視により方向転換を確認した時点より前に、大腿部の振出量の左右差が大きく減少しているのがわかる。大学生 6 名について、3 試行の平均値を表 2 に示す。すべての実験参加者において、方向転換時に大腿部振出量の左右差が減少しているのがわかる。

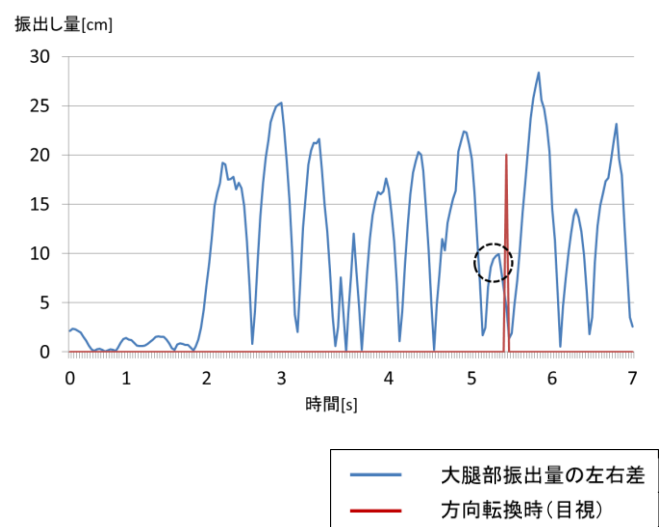


図 4 大腿部振出量の結果の一例

Fig. 4 A Result of Projection on Forward Axis of Leg

表 2 大腿部振出力 (大学生)

Table 2 Results of Projection on Forward Axis of Leg
(University Students)

実験参加者	歩行時の 平均 [cm]	方向転換時の 平均 [cm]	減少値 [cm]
No.1	7.49	1.67	5.82
No.2	13.35	11.04	2.31
No.3	8.82	3.11	5.71
No.4	13.48	7.66	5.82
No.5	13.86	9.96	3.9
No.6	9.35	3.57	5.78

表 3 大腿部振出力 (身長別)

Table 3 Results of Projection on Forward Axis of Leg
(By Height)

身長[cm]	判定可能人数 [人]	実験参加者数 [人]	割合
100～	1	1	100%
110～	1	3	33%
120～	2	9	22%
130～	1	2	50%
140～	1	1	100%
150～	5	6	83%
160～	6	7	86%
170～	3	4	75%

表 3 に児童, 高齢者も含め, 方向転換時の大腿部振出力の左右差が減少した人数を身長別に示す. 前述の大学生による結果ではすべての実験参加者において大腿部振出力で方向転換が判定可能であったが, 身長が低い層では, 大腿部振出力では方向転換の判別が困難であることがわかった.

3.2 大腿部角度

大腿部角度の結果について一例を図 5 に示す. 横軸は計測開始からの経過時間[s], 縦軸は大腿部角度[deg]である. 青線は大腿部角度, 赤線は座標データ変換ソフトウェア Motion Viewer により生成された 3D モデルの CG 動画上において, 方向転換を目視により確認した時点値を参考値として示している. 結果, 目視により方向転換を確認した時点より前に, 大腿部角度が大きく減少しているのがわかる. 同様の傾向が実験参加者 33 名中 32 名で見られた.

3.1 において大腿部振出力では身長が低い場合, 判別が困難であることがわかった. 身長が低い群である児童における方向転換時の大腿部角度の結果を表 4 に示す. すべての実験参加者において方向転換前に大腿部角度が減少することがわかった.

3.3 動加速度

図 6 に動加速度の結果の一例を示す. 横軸は計測開始からの経過時間[s], 縦軸は加速度[m/s²]である. 青線は全関節の加速度, 赤線は腰部の加速度, 緑線は大腿部振出力に変化が出現した時点値を参考値として示している. 大

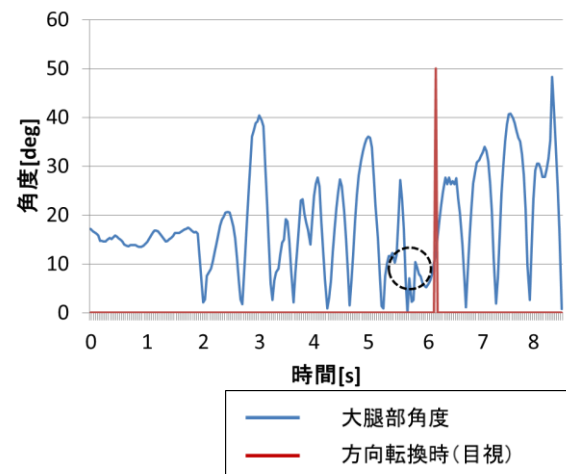


図 5 大腿部角度の結果の一例

Fig. 5 A Result of Angle of Leg

表 4 大腿部角度 (児童)

Table 4 Results of Angle of Leg at Turning Right
(Children)

実験参加者	歩行時平均 [deg]	方向転換直前 [deg]	減少値 [deg]
No.7	9.02	7.19	1.82
No.8	21.45	10.10	11.34
No.10	17.40	3.44	13.96
No.11	26.92	15.67	11.24
No.12	27.16	13.07	14.09
No.14	36.23	7.27	28.96
No.15	22.17	9.84	12.33
No.17	11.83	11.33	0.51
No.18	9.81	4.60	5.21
No.32	36.56	14.33	22.23
No.33	14.86	3.62	11.24
No.34	22.86	5.44	17.42

腿部振出力の左右差に減少傾向が見られるとき, すなわち方向転換がおこなわれる直前よりも早い時点で動加速度が減少することがわかる. しかし, すべての実験参加者において減少傾向は見られず, 増加傾向を示す実験参加者もいた.

3.4 肘関節角度

図 7 に肘関節角度の結果の一例を示す. 横軸は計測開始からの経過時間[s], 縦軸は角度[deg]である. 本実験では右方向に方向転換したが, 左肘関節のみに関節角度の減少が見られた.

4. 考察

4.1 大腿部振出力および角度

方向転換の前駆現象として大腿部振出力の左右差の減少が見られることがわかった. しかし, 身長が低い場合, 大腿部振出力の左右差の減少が顕著ではなかった. 身長

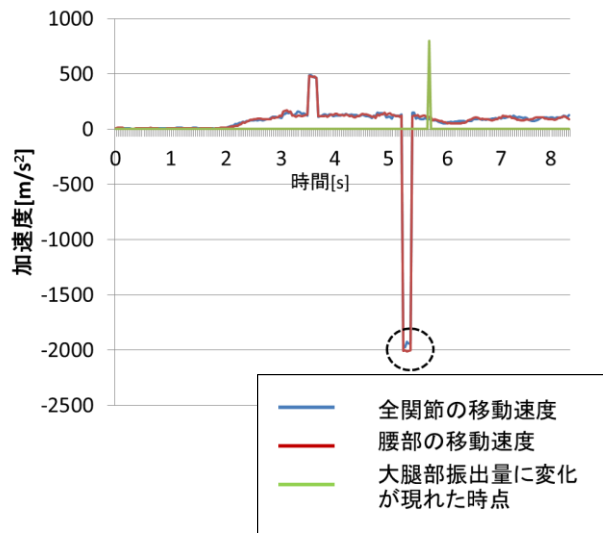


図 6 動加速度の結果の一例

Fig. 6 A Result of Dynamic Acceleration

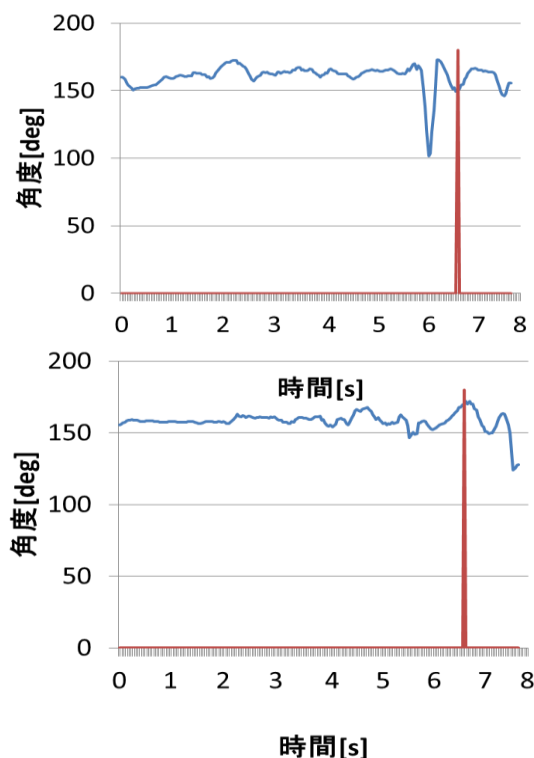


図 7 肘関節角度の結果の一例

(上：左肘関節，下：右肘関節)

Fig. 7 A Result of Angle of Elbow

(Upper: Left Elbow, Lower: Right Elbow)

が低い場合は相対的に脚の長さが短くなることから、振出力量の検出が困難であったと考える。

身長が低い場合、大腿部振出力量により方向転換の前駆現象が捉えられないため、大腿部角度を算出したところ、方向転換前に減少することがわかった。

身長により大腿部の振出力量を用いるか、角度を用いるかを選択することにより方向転換の前駆現象を捉えられ

ることがわかったが、上述の特徴は通常の歩行時などにも見られることがあるため、他の指標と合わせて判断することが必要である。

4.2 動加速度

動加速度は方向転換前に急激な変化を見せることがわかった。ただし、減速する実験参加者と増加する実験参加者が存在した。方向転換の戦略の違いによるものと考ええる。実験者の合図により方向転換する条件ではあるが、実験環境の都合上、Kinect の位置は明らかであり、方向転換の場所も大体推測がつく。方向転換の位置を目標としているか、方向転換後の停止位置を目標としているかの違いにより、減速および加速の違いが現れたのだと考える。

4.3 肘関節角度

右へ 90[deg]に方向転換する前に、左肘関節に関節角度の減少が見られた。同時点において右肘関節の関節角度には大きな変化が見られないことから、方向転換する方向とは逆の肘関節に遠心力が働いたり、推進力を得るために腕を伸ばしたりしていると考ええる。今回は右への方向転換しかおこなわなかったが、左への方向転換をした場合には、右の肘関節角度が減少するのではないかと考える。

5. まとめ

本研究では、防犯カメラにおける歩行者の異常行動検出の基礎研究として、非接触計測システムを用いて、右 90[deg]への方向転換行動の特徴抽出をおこなった。結果、ある程度の身長があれば大腿部振出力で、身長が低い場合は大腿部角度で判別可能であることが示唆された。ただし、方向転換の戦略の個人差や方向転換時以外の歩行時にも同様の傾向が見られることがあることから、動加速度や肘関節角度など別の指標も合わせて判別する必要があることがわかった。今後は、他の条件や実験参加者属性による差違なども考慮し、特徴抽出をおこない、防犯カメラによる異常行動の抽出に寄与したいと考える。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、実験の計測および解析の補助をして頂いた近畿大学工学部情報システム工学科の学生に感謝致します。また実験に参加して頂いた近畿大学工学部の学生および近隣住民の皆様に深く感謝致します。

参考文献

- [1] 内海：大規模データベースに対する高速な顔認識，情報処理学会研究報告 CVIM[コンピュータビジョンとイメージメディア]2014-CVIM-193(12)，1，(2014)。