

骨格推定を用いた突き飛ばし被害の検知手法

小手川 康太¹ 西村 俊二¹

概要：学校で行われる暴力を伴ういじめは10代の若者にとって深刻な問題である。しかし、いじめ被害を本人が告白するケースは稀であり、発見が遅れているのが現状である。監視カメラによって暴力を検知することができれば、いじめの早期発見につながるため、本論文では骨格推定を用いて、突き飛ばし被害の検知手法を提案する。カメラ映像に映る人物の動作から足圧中心の加速度を推定し、自発的な動作かを判別することで実現する。実験では日常動作と突き飛ばし被害、そしてその演技の動作からデータ収集を行った。その結果、76.7～96.7%の突き飛ばし被害を検知し、提案手法は局所的に有効性を示した。

キーワード：骨格推定, 暴力検知, 重心, 加速度

A Method for Detecting Pushing Damage Using Skeletal Estimation

KOTA KOTEGAWA¹ SHUNJI NISHIMURA¹

Abstract: Bullying with violence in schools is a serious problem for teenagers. However, the victims of bullying rarely confess to be bullied, and the revelation of bullying is often delayed. We believe that surveillance cameras in the school can detect violence quickly. In this paper, the acceleration of the center of gravity is determined from the estimated skeletal movements to detect the pushing damage. In the experiment, we collected data from the daily actions of six people, the damage caused by a push, and the actions of the actor. As a result, we detected 76.7～96.7% of pushing damage.

Keywords: Skeleton estimation, Violence detection, Center of gravity, Acceleration

1. 緒言

1.1 背景と目的

近年、SNSの浸透を背景に、小中学校、高校を中心にいじめが増加している[1]。若者にとっていじめ被害はうつ病、中退、自殺の大きな原因であり、いじめの増加は深刻な問題である。いじめの発見は、いじめを受けている本人や、いじめを目撃した人が教員に報告することで行われている。しかし、いじめ被害を告白することでいじめが深刻化する可能性や、目撃した人物が新たないじめの標的になる可能性があるため、いじめ被害が報告されるのは稀であり、発見が遅れているのが現状である。これらの問題を解決するために、いじめの発見を自動的に行う必要がある。いじめの発見を自動的に行うことは、自らいじめを告白す

る必要が無くなり、精神的負担を軽減することができるだけでなく、連鎖的にいじめが発生することを防ぐことができるため有効である。Liangらは学校内におけるいじめの検知手法として2つの手法を提案している。

一つは監視カメラを用いた、暴力行為検出によるいじめの検知手法である[2]。防犯などの観点から監視カメラを設置する学校が増加しているため、監視カメラの映像から身体的いじめを検知する手法は、実用化できる環境が多く有効である[3]。しかし、この手法に用いられるデータセットは暴力のシミュレーションをしたものが多く、演技の暴力と実際の暴力の根本的な違いを認識できない。例えばサッカーのシュートの動作は暴力ではないが、蹴った対象が人間の場合、これは暴力になる。しかし動作のみに注目すると、両者には差がない。このように、暴力行為は被害を伴わない激しい動作との区別が難しいという問題があり、小

¹ 大分工業高等専門学校 情報工学科

中学校のように校内で暴力行為と紛らわしい動作が予想される環境では誤検知の可能性はある [4].

もう一つは、スマートフォンの加速度計を用いた、暴力被害検出によるいじめ検知である [5]. 暴力行為でなく、暴力被害を検出する手法は、被害を伴わない暴力的な動作による誤検知を防ぐことができるため有効である. この手法は、押す、揺さぶるなどの身体的被害における腰部の加速度と、その他の日常動作における腰部の加速度を計測しそれらの値の違いから、身体的被害を検出している. しかし、検知するためには被害者が体に加速度計や、スマートフォンなど、その機能を備えたデバイスを身につけている必要がある. 特に小中学校では、被害者が身体的いじめを受けているとき、常にこれらを携帯してる場合は稀であり、実用化できる環境が少ない. 本研究では監視カメラの映像から、骨格推定を行い暴力被害の一つである、突き飛ばし被害を検出する手法を提案する. 監視カメラから、被害者の検出を行うことで小中学校などスマートフォンを携帯している人が少ない環境や、暴力と誤検知しやすい激しい動作が予想される環境であっても、突き飛ばし被害を検出することができる..

1.2 提案手法の概要

ここで突き飛ばし被害に見られる特徴について考える. 突き飛ばされた動作は自分の意志で行うことはできず何者かによってもたらされた動きである. その一方で、日常動作や暴力の加害行為は自分の意志で行うことができる自発的な動作である. 自発的に行えないというのは突き飛ばし被害に見られる特徴だと言える. そこで本研究では動きの自発性を判別することで突き飛ばし被害を検知することにする.

突き飛ばし被害の検知は図 1 のような手順で行う. カメラ映像から人物の骨格を推定し、その骨格から重心の位置を推定する. 各フレームごとのカメラ映像から重心の移動する加速度を計算し、閾値を超えるような加速度の場合、自発的な動作でないと判断し突き飛ばし被害があったと判定する.

1.3 提案手法の有効性の検証方法

提案手法の有効性の検証は次のように行う. 重心の加速度を計算するプログラムを作成し、日常的な動作の加速度と、突き飛ばし被害を受けた時の加速度、そして突き飛ばし被害を受けた演技をした時の加速度を、実験によって求める. その結果から、最も有効性の高い閾値での検知率、誤検知率を求めることで有効性の検証を行う.

2. 提案手法

被害者の動作はほかの日常動作と違い自分で行えないという特徴がある. 暴力行為の場合、シミュレーションの時

も実際に暴力行為を行った時も自発的な運動であったが、突き飛ばし被害の場合、シミュレーションの時は自らの意志で倒れ、実際に暴力行為を受けるときは自らの意志でなく受けた力によって倒されてしまう. この特徴は日常的な動作には見られない特徴であるため、本研究で提案する手法は人物の動作に対して、それが自発的な動作なのか、そうで無いかを判別することによって検知を行う.

2.1 自発性判別に用いる特徴の検討

ここで自発的な動作とそうでない動作との間にみられる特徴について考える. 自発的動作の場合、歩行時は腕を振ってバランスをとったり、わざと倒れるときも即座に受け身の動作を取り、姿勢が崩れないように振舞う. このことから自発的な動作の場合、日常的な動作はもちろんわざと転倒した時であっても人は体を安定した状態に保とうとする性質があると考えられる.

物体の状態の安定には足圧中心が大きく関わっている. まず、図 2 のような重さが一様な剛体を考える. 物体には重心という物体が釣り合う点が存在する. 図 2 の赤い点にあたる部分である. 足圧中心とはこの重心の真下の点のことであり、この足圧中心の位置が支持基底面中に収まっていると物体は安定し、そうでないとき物体は倒れる [6]. 支持基底面とはこの物体を支えている面のことで、図 2 の黄色の領域に当たる.

人間の場合は剛体ではないため足圧中心が支持基底面に収まるように状況に応じて姿勢を柔軟に変えることができる. 例えば図 3 のようにゆっくり後ろに倒されたときは頭を前に出したり腕を前に出すことで、足圧中心が現在の位置から動かないようにする. それでも安定を保つことができないときは、片足を後ろに下げることで支持基底面を大きく取り体を安定させようとする [7]. 自発的でない動作の場合は受け身の判断が遅れて姿勢が大きく崩れた結果、この足圧中心が急激に移動する瞬間が存在すると考えられる. そこで今回は足圧中心の加速度をもとに自発性を判別する.

2.2 手法の概要

手法は図 1 のように大きく四つの機能に分けられる.

- (1) 画像から骨格を推定し、各関節の座標を取得する.
- (2) 各関節の座標から、重心の位置を求める.
- (3) フレームごとの重心の位置から、加速度を求める.
- (4) 加速度をもとに自発性を判別する.

2.2.1 各関節の座標の取得

カメラ映像から図のように検出した人物の各関節の 3 次元座標を取得する. 各関節の座標の取得には姿勢推定を用いる. 姿勢推定は人の頭、首、手、などの体の部位を認識して、それらをつなぎ合わせて、人の骨格を検出する技術のことであり、既存の暴力検知手法でも骨格の動きから暴

骨格推定を用いた暴力被害検知手法

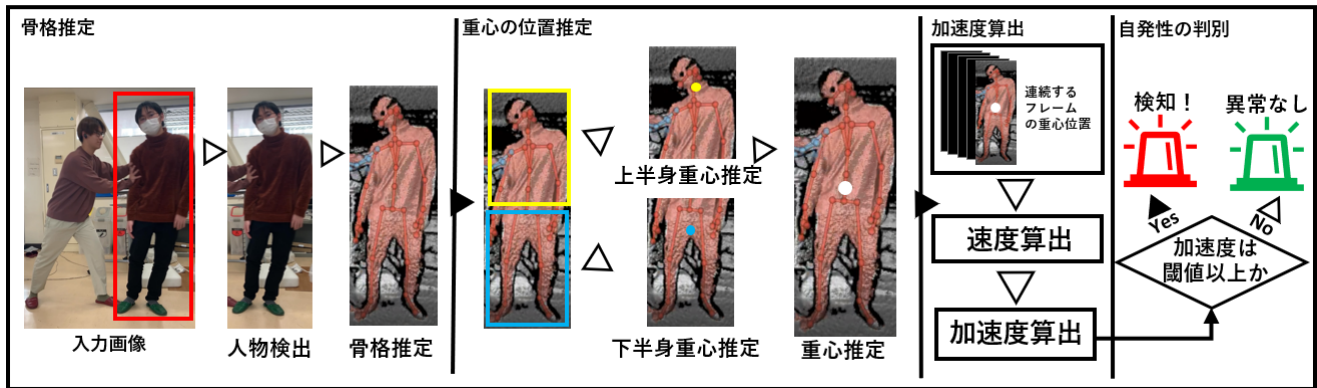


図 1: 提案手法の概要

力行為を検知するために使用されている。本研究では骨格推定に Microsoft の提供する, Azure Kinect Sensor SDK と, Azure Kinect Body Tracking SDK という API を使用する。この API を用いて, 図 4 のように, 検出した人物のスケルトンを取得することができる。

スケルトンには 32 の関節が含まれている。各関節は次の 3 つのパラメータを持つ [8]。親関節とは隣接する関節のうち, より腰に近い関節のことである。

- カメラの位置を原点とする, その関節の 3 次元座標
- 親関節との角度
- 推定した関節の精度

2.2.2 重心の位置推定

取得した関節の座標をもとに重心の位置を求める。重心とは空間的広がりをもって質量が分布するような系において, その質量に対して他の物体から働く万有引力の合力の

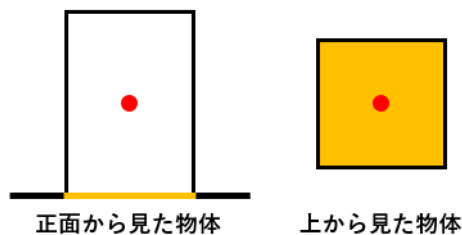


図 2: 安定した物体の足圧中心位置

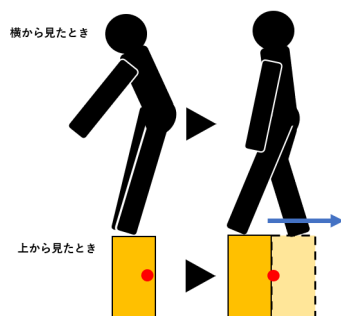


図 3: 安定した物体の足圧中心位置



図 4: 骨格推定の例

作用点である。人間の場合は質量が一樣でないため, 体の場所に応じた比重を考慮して計算する必要がある [9]。しかしカメラでとらえた人物の筋肉量を推定することは困難である。今回は一般的な人間の筋肉量の分布から, 身体重心位置を上半身重心位置と下半身重心位置の中間点とする。また, 上半身重心は胸骨剣状突起付近, 下半身重心は大腿骨中 $1/2 \sim 1/3$ の中間点とする。久保らによると, この方法で推定した重心位置はによると実際の重心位置に比べ誤差が $1 \sim 2\%$ であった [10]。このことからおよそその身体重心位置を把握する手法として有効であるといえる。

まず, 推定した関節の座標のうち, 胸の座標とへその座標から上半身重心を求め, 左足付け根と左ひざ, 右足付け根と右ひざの座標から下半身重心を求める。次にそれらの中点を結ぶことで身体重心を推定する。また, この身体重心点の座標はカメラの位置を原点としている。人の姿勢による重心の移動を考慮するため, 腰を原点とした座標に変換する。図 5 は起立しているときと, 傾斜しているときの身体重心点の例である。緑色の点が上半身重心, 水色の点が下半身重心, 赤色の点が身体重心である。傾斜時は上半身が左に傾いているため上半身重心が起立時より左側に寄っている。それに伴い身体重心は左側に移動するため傾斜時は重心が左に移動することが分かる。

2.2.3 足圧中心の加速度の算出

フレームごとの重心の座標から足圧中心の加速度を求め

る。加速度とは、単位時間当たりの速度の変化率である。まず単位時間当たり重心がどれだけの速度で移動しているかを求める。足圧中心は重心の真下の点のことなので重心の垂直方向の移動は考慮しない。 t フレーム目での足圧中心の速度 $v(t)$ は次のような式で求めることができる。

$$v(t) = \sqrt{(x(t) - x(t-1))^2 + (y(t) - y(t-1))^2}$$

$x(t)$, $z(t)$ は t フレーム目での身体重心の水平方向の座標と奥行方向の座標のことである。続いて t フレーム目での足圧中心の加速度 $a(t)$ は次のような式で求める。

$$a(t) = v(t) - v(t-1)$$

2.2.4 自発性の判別

求めた加速度があらかじめ設定していた閾値以上の値を示したら対象の人物は自発的でない動作を行ったとして、突き飛ばし検知を行う。

3. 予備実験

提案手法にて説明した重心の足圧中心の加速度を考慮した手法に至るまで、いくつかの仮定を立ててその他にも有効なパラメータを検討した。

3.1 胸部の速度を用いた判別手法

人が突き飛ばされたとき最も大きく動くのは上半身であり、日常的な動作では突き飛ばし被害を受けた時の動きより大きな動きはないとして、実際に突き飛ばされた時とその演技をした時、そして日常動作の胸部の速度を計測した。その結果走る動作の時のほうが早く胸部が移動していることが分かった。また、演技をした時と被害を受けた時の胸部の速度の変化が非常に酷似していたため、胸部の速度を自発性の判別に用いるのは不適切と判断した。

胸部の速度が判別に不適切だった理由は体の部位の速度の情報を扱った点である。日常では一瞬で大きく動くことはなくても加速に十分な時間があれば走る動作のように速い動きが存在する。突き飛ばしなど瞬間的な力による変化を考えるなら速度ではなく加速度を考慮すべきと思われる。

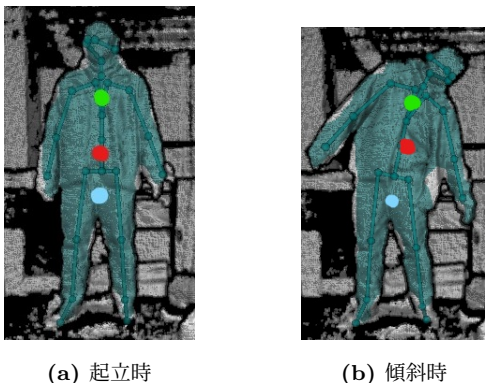


図 5: 身体重心点の例



図 6: Azure Kinect DK

3.2 重心の加速度を用いた判別手法

前回の実験を踏まえて重心の加速度を用いた判別手法を提案する。重心は物体の中心であるため胸部より人の動きを解析するうえで適切と考え、計測する点を胸部の座標から、重心の座標に変更した。実際に暴力を受けた時とその演技をした時、そして日常動作における重心の加速度を計測した。その結果走る動作と暴力を受けた時との値の間には差があり、暴力を受けた時のほうが重心の加速度は大きかった。しかし、暴力を受けた演技をした時と比較すると差は見られなかったため、重心の加速度を自発性の判別に用いるのは不適切と判断した。

提案手法では人の動きの量でなく腰を原点に自分の体の周りでどのように重心が動いているかを考えることで予備実験では確認できなかった姿勢の崩れを認識している。

4. 実験

4.1 対象

本実験の対象は大分工業高等専門学校に所属する男子学生 6 名である。対象者の体重は表 1 の通りである。

表 1: 対象者データ

	被験者 1	被験者 2	被験者 3
身長 [cm]	170	167	170
体重 [kg]	62	67	60
	被験者 4	被験者 5	被験者 6
身長 [cm]	172	168	172
体重 [kg]	61	60	58

4.2 実験設備

本実験にはプログラムを実行するパソコン、カメラデバイス、そして定量的な力で突き飛ばし行為を再現する装置を使用した。

実験に使用したパソコンのスペックは以下の通りである。

- CPU: Core i9-9900KS
- メモリ: 16GB
- グラフィックボード: GeForce RTX 2080Ti 11GB

今回はカメラデバイスとして Microsoft の提供する、Azure Kinect DK を使用した。Azure Kinect DK は図 6 のような、深度センサ、空間マイク配列とビデオカメラ、

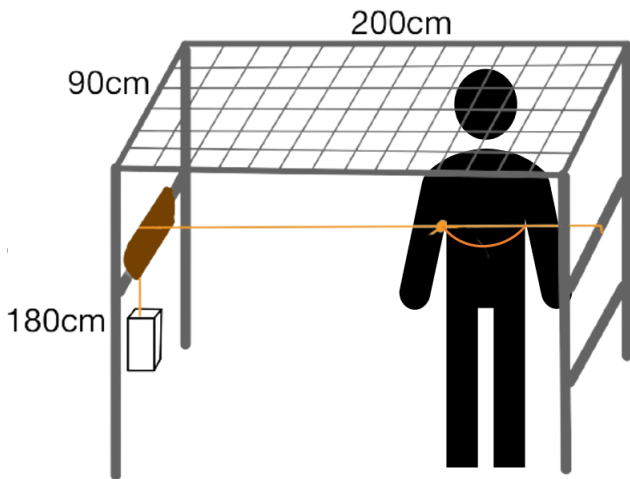


図 7: 突き飛ばし再現装置

および方位センサを備えたデバイスであり、Azure Kinect Sensor SDK や Azure Kinect Body Tracking SDK など豊富な開発キットを提供している。[11] 今回の実験では骨格推定に Kinect Body Tracking を用いるためこのデバイスの RGB カメラの映像と深度カメラの映像を使用する。RGB カメラの解像度は 1920×1080 、深度カメラの解像度は 640×576 、フレームレートは 30FPS で撮影を行った。

今回、対象者に加えた力を定量的に図るため図 7 のような装置を作成した。同滑車の先に紐を括り付けた重りを通して右端のパイプに括り付け、紐のもう一方を人に巻きつける。右端の紐を切断して重りを落下させることで対象者に力を加える。被験者が受ける力 F は落下させる重りの重量 m に応じて次のように定義されている。

$$F = mg$$

しかし同滑車の摩擦による誤差などを避けるために、本実験では事前に図 8 に示すフォースゲージ（イマダ製 FB-300N）を用いて受ける力を正確に計測し、与えたい力になるように落下させる重りの量を調整する。フォースゲージは押したり引っ張ったりする力を測定する装置のことである。フォースゲージをこの装置に固定して紐を括り付ける。通常の実験と同様にもう一方の紐を切り離し、重りがフォースゲージのフックを引くことで測定を行う。この装置を用いることで繰り返し決まった力を被験者に与えることができる。



図 8: フォースゲージ

4.3 実験手順

対象者に前述した装置を用いて、4.3.1 の実験を行った。その後実験結果から課題が見つかったため追加で被験者 2 には 4.3.2 の実験を行った。

4.3.1 実験 1

対象者 6 名にそれぞれカメラの前で歩く、走る、お辞儀、暴力行為を受けた時の演技の 4 つの動作を、それぞれ 10 回づつ行ってもらい、その映像から足圧中心の加速度を求め動作中で最も高い値を示した時の加速度をそれぞれ記録する。

その後前述した装置を用いて暴力行為を受けた時の足圧中心の加速度を求める。被験者は装置の右側に立ち、左足を挙げた状態で目隠しをして待機する。紐を被験者の胸部に巻き付け、もう一方の紐を切断し、重りを落下させることで突き飛ばし動作を再現する。重りは 40cm の高さから落下させ、35N、70N の 2 種類の力を与える。これをそれぞれ 5 回づつ行い、動作中で最も高い値を示した時の加速度をそれぞれ記録する。

4.3.2 実験 2

被験者 2 は与える力を大きくしても、足圧中心の加速度に変化が見られなかったためさらに大きな力を与えた時の加速度を計測するために、追加で実験を行った。被験者 2 は装置の右側に立ち、左足を挙げた状態で目隠しをして待機する。紐を被験者の胸部に巻き付け、もう一方の紐を切断し、重りを落下させることで突き飛ばし動作を再現する。重りを 40cm の高さから落下させ、100N の力を与える。これを 5 回行い、動作中で最も高い値を示した時の加速度をそれぞれ記録する。

4.4 実験結果

突き飛ばされる演技を行った時の足圧中心の加速度を計測した結果を表 2 に示す。実際に装置を使って被験者に 35N の力を与えたときの足圧中心の加速度を計測した結果を表 3、70N のときの結果を表 4 に示す。セルが黄色の値は表の最低値で、セルが青色の値は最大値である。単位は $[m/s^2]$ 。追加で被験者 2 に対して 100N の力を与えた時の足圧中心の加速度を計測した結果を表 5 に示す。単位は $[m/s^2]$ 。

5. 考察

5.1 自発的動作の加速度

今回の実験で得られた結果から最適な閾値と、この手法の検知率を考える。今回の実験では自発的な動作として歩く、走る、お辞儀、突き飛ばし被害を受けた演技の 4 種類の動作を 6 名に各 10 回づつ行ってもらい、合計で 240 個の加速度データを得ることができた。これらのデータのヒストグラムを図 9 に示す。横軸は足圧中心の加速度 $[m/s^2]$ を表し、縦軸は横軸の範囲に含まれるデータの数を表し

表 2: 被害を受けた演技時の足圧中心の加速度

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	6 回目	7 回目	8 回目	9 回目	10 回目
被験者 1	0.5502	0.8232	1.3263	0.7959	1.2093	1.8579	1.4217	1.7685	1.7409	0.9171
被験者 2	0.6795	0.348	0.8667	1.0008	0.8829	0.9708	0.6831	0.8184	0.54	1.0572
被験者 3	1.7595	1.2159	0.8961	1.0686	1.203	0.5424	0.7254	0.9141	0.9195	1.3995
被験者 4	1.1007	1.7127	0.7164	0.3735	0.3969	0.7011	1.104	0.7434	0.3513	0.9465
被験者 5	1.3995	1.518	1.3992	0.9552	1.2015	0.4158	0.4464	1.6203	0.7032	1.0854
被験者 6	0.7758	0.8559	0.756	1.2858	0.4131	1.6563	1.3572	0.7296	0.6456	0.5676

表 3: 35N の力を受けた時の加速度/[m/s^2]

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
被験者 1	1.2	1.1004	0.939	0.9939	0.9552
被験者 2	1.1133	0.9	1.6329	1.152	0.7608
被験者 3	0.999	0.9408	1.0182	0.7161	1.2981
被験者 4	0.8175	1.0209	1.5714	1.3329	1.1754
被験者 5	1.0698	1.5465	1.2249	1.0836	1.3284
被験者 6	1.1778	0.8052	1.1934	1.3065	1.1427

表 4: 70N の力を受けた時の加速度/[m/s^2]

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
被験者 1	2.0229	1.9119	2.523	2.7579	3.9267
被験者 2	0.4875	0.5337	1.536	1.3563	1.3086
被験者 3	2.9094	2.1066	3.3546	3.0192	3.4626
被験者 4	3.4314	3.222	3.2664	3.6351	2.9997
被験者 5	2.3997	3.273	2.8224	2.3429	2.4384
被験者 6	3.1317	2.4804	2.9244	3.7314	2.7945

表 5: 100N の力を受けた時の加速度/[m/s^2]

1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
104.78	136.6	110.32	84.37	114.41

ている。この結果から自発的な動作の加速度は平均 1.08, 標準偏差 0.346 の正規分布に従うと仮定すると, 99%信頼区間は $0.1957[m/s^2] \sim 1.9804[m/s^2]$ になることから人間の日常動作における足圧中心の加速度はこの範囲内で行われると仮定できる。閾値として, 信頼区間の最大値である $1.9804[m/s^2]$ を設定するとそれより小さい値を示す動作は自発的な動作と判断されるため, 日常動作による誤検知はないと考えられる。

5.2 突き飛ばし被害を受けた時の加速度

続いて突き飛ばし被害を受けた時の動作に関して, 今回の実験では 35N の力を受けた時, 70N の力を受けた時の 2 種類の動作を 6 名に各 5 回ずつ, そして被験者 2 に対して

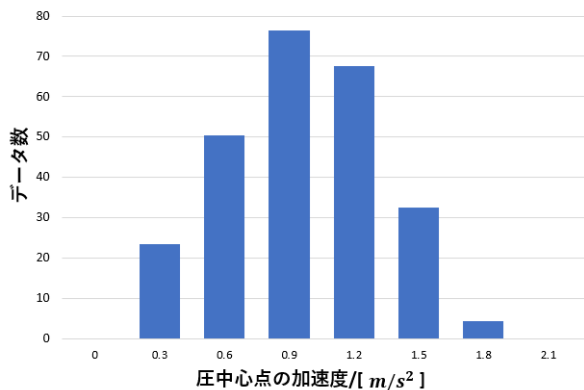


図 9: 自発的な動作の加速度の分布

は 100N の力を与えた時の動作を 5 回, 合計で 65 個の加速度データを得ることができた。35N の力を受けた時の加速度を計測した結果, 今回の計測したデータでは図 3 に示す通り, 範囲が $0.7161[m/s^2] \sim 1.5714[m/s^2]$ であった。最大値である 1.5714 は自発的な動作の最大値である 1.9804 を下回る。よって, この 1.9804 を閾値として設定した場合, 35N の力を受けた時も自発的な動作を行ったと判断され検知できない, 35N の力を受けた時も検知が出来るように最低値の 0.7161 を閾値として設定した場合, 自発的な動作の加速度が正規分布で表せると仮定すると, 64.7%の自発的な動作が自発的でない動作と誤って認識してしまう。この結果から 35N の力は今回の提案手法では認識できないことが分かった。

一方で 70N の力を与えた時は表 4 に示す通り, 自発的な動作をはるかに上回る値を示した。自発的な動作の 99%信頼区間の最大値 1.9804 を閾値とした場合 76.7%の突き飛ばし被害を検知できるという結果となった。しかし検知できた動作には大きな偏りがあり, 被験者 2 に関しては, 検知出来なかった。この結果から本研究の手法は姿勢の崩れる勢いを数値化し判別に用いているが, 姿勢が崩れるに至らないほど小さい力では小さな値を示すのではないかと考える。被験者 2 を除く 5 名に限定して検知率を考えると 95.8%の暴力を検知しており, 35N では小さな値を示したにも関わらず 70N では大きな値を示した事が確認できた事からも与える力の大きさが姿勢の崩れに大きな影響を与えていることが分かる。

被験者 2 に関して, 35N の力を与えた時も 70N の力を与えた時もほかの被験者のような大きな値の変化は見られなかったが, 表 5 のように 100N の力を与えた時は大きな値

を示した。ほかの被験者が 35N～70N に与える力を大きくすると加速度の値が大きくなり、ほかの被験者より体重の大きい、被験者 2 も与える力を 100N まで増やすと、加速度の値が大きくなるのが分かった。このことから姿勢の崩れるのに必要な力は体重が重くなるほど増加すると思われる。

5.3 提案手法の有効性

提案手法の閾値を 5.1 で述べた自発的動作の 99%信頼区間の最大値である $1.9804[m/s^2]$ に設定しこれを超える動作が行われた時、突き飛ばし被害があったと判断する場合、35N の力を受けた時は検知出来なかったが、70N の力を受けた時は 76.7%で検知、被験者 2 に対しては 100N、ほかの被験者に対しては 70N の姿勢が崩れるのに十分な力を与えた時は 96.7%の確率で検知することができた。閾値をこれより下げる事で、暴力の検知率はさらに上昇するが、その場合自発的動作による誤検知の可能性が上昇する。このことから提案した手法の検知率と誤検知率の間にはトレードオフの関係があることが分かった。また、暴力のシミュレーションに対しても誤検知は見られなかった。突き飛ばし被害を受けた時と、その演技をした時の動作の両者には一見差はないように思えるが、足圧中心の加速度に注目すると両者の動きには差があることが分かった。

既存の暴力検知手法と比較して、提案した手法は姿勢が大きく崩れるような暴力しか検知できないという問題があるが、その条件を満たす場面では既存の手法と同等の検知率であった。また演技による誤検知も見られなかったため既存の手法よりも高い精度でシミュレーション動作を暴力でないと正しく判断できることがわかる。

6. 今後の課題

現在はカメラデバイスに Kinect を用いている。Kinect は深度カメラと RGB カメラからの映像を用いて骨格推定を行っているが、実際の監視カメラは RGB カメラしか搭載していないものがほとんどであるため、RGB 画像から推定された骨格を用いる手法が望まれる。

今回は人物の動作を自発的な動作とそうでない動作の 2 種類に分類することで検知を行った。しかし、今回実験は 6 名分のデータしか使用しておらず、データ不足である。これは実験設備の危険性と時間的なコストが原因だった。それを解消するために今後はより多くのシーンや人物に対して、重心の加速度を計測する必要がある。Kinect でなく RGB の動画画像から処理が行えるようになれば実際の監視カメラの映像などを含んだオープンデータセットを使うことができるためデータ不足を解消できる。

7. 結言

本研究ではカメラ映像から突き飛ばし被害を検知する手

法の提案を目的として、骨格推定を用いた自発性判別のプログラムを作成し、その有効性を検証した。実験では被験者 6 名に対して、歩く、走る、お辞儀、突き飛ばし被害を受けた時の演技、35N の力を受けた時、70N の力を受けた時の 6 種類の動作を行った時の足圧中心の加速度を計測した。次に被験者 2 に対して、100N の力を与えた時の足圧中心の加速度を計測した。その結果、 $1.9804[m/s^2]$ を閾値に設定しこれを超える動作が行われた時、突き飛ばし被害があったと判断する場合、35N の力を受けた時は検知出来なかったが、70N の力を受けた時は 76.7%で検知、被験者 2 に対しては 100N、ほかの被験者に対しては 70N の姿勢が崩れるのに十分な力を与えた時は 96.7%の確率で検知することができた。96.7%は既存の検知手法と同等の精度である。突き飛ばし被害を受けた時の演技に対しての誤検知はなかったため演技と実際の突き飛ばし行為を識別する精度に関しては既存の手法よりも高い精度である。本研究で提案した手法は局所的に有効性を示すことができたといえる。

8. 謝辞

本研究に際して、さまざまなご指導を頂きました西村俊二准教授に深謝いたします。また、この研究の機会をくださった情報工学科の先生方、そして多くの知識やご指導をくださいましたシステム検証研究室の先輩・同期の皆様、実験にご協力して頂いた皆様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 令和 2 年度 児童生徒の問題行動・不登校等生徒指導上の諸課題に関する調査結果の概要、文部科学省
- [2] Liyang Ye, Tong Liu, Tian Han, Hany Ferdinando, Tapio Seppanen, Esko Alasaarela: Campus Violence Detection Based on Artificial Intelligent Interpretation of Surveillance Video Sequences, Remote Sens. 2021, 13, 628.
- [3] 社団法人 日本建築学会文教施設委員会, 学校施設の防犯対策に関する調査研究委員会: 学校施設の防犯対策に関する調査研究報告書, 文部科学省, 2004 年 9 月.
- [4] Eugene Yujun Fu, Hong Va Leong, Grace Ngai, Stephen Chan: Automatic Fight Detection in Surveillance Videos, Proc. 14th Int. Conf. Adv. Mobile Comput. Multi Media, pp. 225-234, Nov. 2016.
- [5] Liyang Ye, Tian Han, Hany Ferdinando, Tapio Seppanen, Esko Alasaarela: Physical Violence Detection for Preventing School Bullying, Hindawi Publishing Corporation Advances in Artificial Intelligence Volume 2014, Article ID 740358, 9 pages.
- [6] 小山田有希, 青山満喜: 支持基底面の変化が重心動揺に与える影響, 2009 年, 理学療法学 Supplement, Vol.36 Suppl.No2(第 44 回日本理学療法学会大会抄録集).
- [7] 野尻晋一, 大久保智明: 第一回: 重力と姿勢, wamnet, 介護技術の基本, 第一回, (2022 年 1 月 3 日最終アクセス), <https://www.wam.go.jp/content/wamnet/sppub/top/column/kaigogijyutu/kaigogijyutu001.html>
- [8] Azure Kinect Body Tracking SDK 1.1.0, Microsoft, (2022 年 1 月 3 日最終アクセス), <https://microsoft.github.io/Azure-Kinect-Body-Tracking/release/1.1.x/index.html>

- [9] 松井秀治：各種姿勢の重心位置に関する研究：(1) 身体各部の簡易質量計算とその質量比による重心位置の合成，体育学研究 2 巻 (1956)2 号.
- [10] 久保祐子，山口光圀，大野範夫，福井勉：姿勢点・動作分析における身体重心点の視覚的評価の検討，理学療法学 第 33 巻第 3 号 112～117 頁 (2006).
- [11] Azure Kinect DK のハードウェアの仕様, Microsoft, (2022 年 1 月 3 日最終アクセス) , <https://docs.microsoft.com/ja-jp/azure/kinect-dk/hardware-specification>