

スマートフォンを用いた凍結路面における歩行者の転倒及びスリップの判別 A Detection Method of Fall and Slip on Frozen Road Surface by Smartphone

海原 隆宏[†] 高松 将也[†]
Takahiro Umihara Masaya Takamatsu

岩本 健嗣[†] 松本 三千人[†]
Takeshi Iwamoto Michito Matsumoto

1. はじめに

昨今では、転倒事故の件数が主要な事故の中で増加している。転倒事故は、大きな怪我につながる場合もあり、問題である。厚生労働省の平成 25 年人口動態統計月報年計(概数)の概況によると、平成 25 年には転倒・転落によって 7,280 人もの死者がでており[1]。転倒事故が多く発生するのは、気温が下がり路面が凍結する時期である。転倒事故を防止するためには各々が転倒しないように注意する必要があるが、転倒をしやすい場所を知ることにより、より大きな効果が期待できる。さらに、転倒およびスリップといった種類を判別することができれば、場所ごとの危険度も判定できる。しかし、転倒事故の発生場所を特定することは困難である。本研究ではスマートフォンを用いて転倒を検知しその場所を収集することで転倒事故の発生しやすい場所を推定することを目的とする。転倒検知の方法としては、加速度による研究が多く行われているが、本研究では、凍結路面上で、かつ転倒の種類を判別することを目的とする。具体的には、危険な場所を把握し転倒事故の防止を図るために、路面凍結時における歩行者の転倒と、転倒までは至らないスリップ動作を判別する。本稿では、転倒実験を行い、日常行動との判別と転倒の種類を判別するための考察を行った。

2. 関連研究

前節で述べたように加速度を用いて転倒を検出する研究は、多く行われている。本研究でも既存研究と同様に転倒によって生じる加速度を閾値で判定することを想定する。

2.1 スマートフォンを用いた転倒時連絡システム[2]

高齢者になるにつれ、運動能力の低下による事故の心配が理由で運動から遠ざかる傾向にある。高齢者が安心して運動するために、転倒時連絡システムを提案する。スマートフォンを腰に装着し、加速度を取得することで転倒を判別する。転倒を検出後、一定時間内に動作がなければ救助が必要であると判断し救助を要請する。

2.2 スマートフォンを利用した転倒検知率向上に関する研究[3]

転倒死を避けるためには、高齢者の転倒を速やかに、かつ正確に検出することが重要である。スマートフォンに搭載された複数のセンサを利用することで、現状の転倒検知の問題点である誤検知率の高さを解決する。利用するセンサは、加速度センサとジャイロセンサ、気圧センサである。加速度センサで歩行中であるかを判定し、その後ジャイロセンサで体の傾きを計測する。最後に気圧センサから得られる端末の高度から落下を検知し転倒を検知する。

3. 提案手法

現代では、多くの人が歩行中にスマートフォンを携帯している。よって、本研究では加速度はスマートフォン内臓の加速度センサを利用する。その際、スマートフォンは、様々な保持方法があるため、この違いについて検討する。また、転倒だけでなく、転倒につながる危険箇所を検知するためにスリップ動作の検出も行う。そこで本研究では、スマートフォンの所持状態に考慮した上で転倒時における加速度の変化を測定し、転倒およびスリップを推定可能かの検討を行う。

4. 実験内容

前節で述べたように、転倒およびスリップを推定可能か検討するために、被験者による氷上での転倒実験を行った。

4.1 転倒およびスリップ時の加速度の測定

本実験の被験者は 20 代前半の男性 4 人である。スマートフォン 2 台を被験者の右ポケット、左ポケットに入れ、1 台を右手に保持した状態でアイスリンク上を歩行し、「尻もち」、「スリップ」、「前に転ぶ」の 3 つの動作を行った。これを 1 人 4 回行い、スマートフォンに内蔵されている加速度センサを用いることにより各動作の加速度を取得した。実験の様子を図 1 に示す。



図 1 実験の様子

また、使用したスマートフォンの機種と、各端末で得られる加速度の周波数を表 1 に示す。

表 1 使用したスマートフォンと周波数

位置	機種	周波数[Hz]
右ポケット	xperiaZ4 sov31	100
左ポケット	xperiaZL2 sol25	200
右手	Galaxy S6	200

4.2 通常歩行時に起こりうる動作の加速度の測定

転倒やスリップでは大きな加速度が観測されることが予測されるため、比較のために日常生活で起こりうる比較的大きな加速度が発生すると想定される動作においても実験を行った。

実験は、20 代前半の男性 1 人で行った。スマートフォ

[†] 富山県立大学, Toyama Prefectural University

ンを右ポケットに入れ、「ジャンプ」、「机にぶつかる」、「人にぶつかる」、「スマートフォンを落とす」4つの動作を行った。本実験には、実験 4.1 で用いた xperiaZL2 sol25 を使用した。

5. 実験結果

まず、実験によって得られた 3 軸の加速度より二乗和の平方根を求め合成加速度を算出した。被験者全員に共通する特徴として、転倒またはスリップ動作が生じたときは合成加速度の値に大きな変化がみられた。この変化の大きさは実験の試行ごとに異なり、個人の中でも差が大きいことがわかった。被験者全員のデータをみると、転倒やスリップ動作が生じた箇所の合成加速度の最小値は右手の場合 20.9m/s^2 であり右ポケットは 33.2m/s^2 、左ポケットは 37.1m/s^2 である。被験者の歩行時における合成加速度の最大値は右手の場合 17.9m/s^2 であり、右ポケットは 25.5m/s^2 、左ポケットの場合 29.5m/s^2 である。そのため、転倒やスリップ動作が生じた際、一般的に歩行動作で発生する加速度より大きな加速度が発生していることがわかる。

さらに、共通する特徴として「尻もち」と「前に転ぶ」動作は、転倒後に再度合成加速度が大きくなる箇所が存在するが、「スリップ」動作の場合は存在しないことが挙げられる。これは、前者の 2 つの動作は転倒後に起き上がり動作があるが「スリップ」動作の場合には起き上がり動作が存在しないためと考えられる。例として 3 つの動作における合成加速度を示したグラフを図 2 に示す。

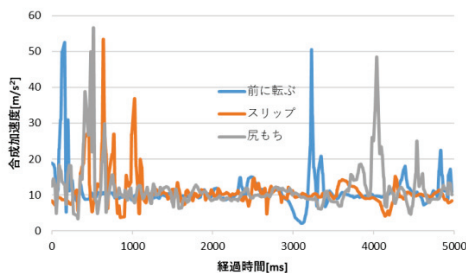


図 2 右ポケットで得られた合成加速度

次に、起き上がり動作による加速度の一例を図 3 に示す。図 3 は、右ポケットにスマートフォンを入れた場合の起き上がり動作における 3 軸の加速度である。最も大きく変化するのは Y 軸であり、これは全被験者に共通しており、左ポケットにおいても同様の特徴がみられた。しかし、右手に保持した状態では、軸に依存した特徴はみられなかった。この要因として、右手に保持した状態では、起き上がり時のスマートフォンの向きが一定ではないためであると考えられる。

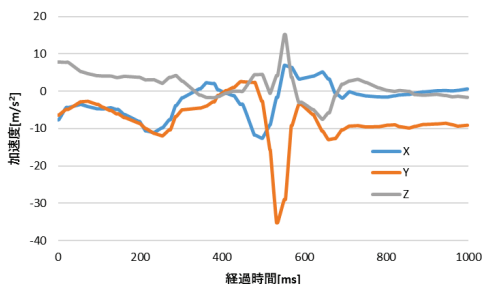


図 3 起き上がり時の加速度

「スリップ」動作と他の動作を比較した結果、右ポケットの加速度の X 軸において値に違いがみられた。実験 4.1 で得られたスリップ動作の X 軸の加速度の一例を図 4 に示す。スリップ動作では、スリップ動作が生じた 1 秒間に正と負の両方向に大きな変化を繰り返した。実験 4.2 で行った 4 つの動作では、衝撃による 1 度の変化はあるが、このような特徴的な X 軸の変化はあまりみられなかった。また、実験 4.1 で行った「尻もち」、「前に転ぶ」動作では、X 軸の変化はあるが正と負の両方向にそれぞれ 1 回ずつ大きく変化するだけであった。

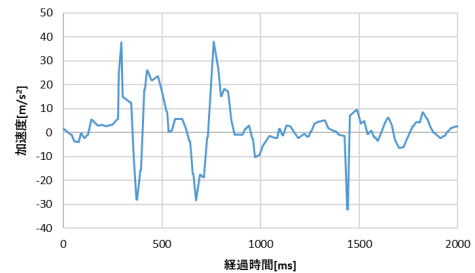


図 4 スリップ動作における X 軸の加速度

6. 考察

転倒は、既存の研究と同様に、合成加速度の大きさで歩行などの他の動作と区別が容易に可能であることがわかった。スリップでも同様な変化があるが、起き上がり動作の有無によって、転倒とスリップを判別できることがわかった。また、スリップ動作の特徴として、ポケットでは X 軸に特徴的な動きがあることがわかった。これは、体の正面に対して横方向にあたり、スリップ動作では横方向に複数回の動きが生じていると考えられる。現在、手持ちのように持ち方によって軸が不定の状況では正確にこの動きを観測できていないが、姿勢推定などと組み合わせることで、スリップ動作を適切に検出できると考えられる。

7. おわりに

本研究では、スマートフォンの加速度センサを用いた転倒実験を行い、転倒とスリップ動作を判定できるかの検討を行った。結果として、閾値による判別と起き上がり動作を検出することで、転倒とスリップ動作を判別できることがわかった。また、スリップ動作には特有の動きが体の正面に対して横方向に表れることがわかった。しかし、転倒の「尻もち」と「前に転ぶ」動作については、判別できる特徴が表れなかった。今後の課題として、推定アルゴリズムを設計し、実際の危険箇所情報を収集するアプリケーションを実装する。また、今回の被験者は男性だけであり年齢層も近いいため、被験者を増やし、性別や年齢での歩行および転倒の差についても検討する必要がある。

参考文献

- [1] 厚生労働省 “平成 25 年人口動態統計月報年計(概数)の概況” <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/nengai13/dl/gaikyou25.pdf>
- [2] 小川開, 水野忠則, “スマートフォンを用いた転倒時連絡システム”, 全国大会講演論文集 2013(1), 243-245, 2013-03-06
- [3] 猪股史也, 諏訪敬佑, “スマートフォンを利用した転倒検知率向上に関する研究”, 東京都市大学横浜キャンパス情報メディアジャーナル=Journal of information studies(16), 19-26, 2015-04