

スマートフォン搭載センサによる冬期歩行危険箇所検出に向けた歩容計測実験

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所	正会員	○齊田 光
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所	正会員	徳永 ロベルト
国立研究開発法人 土木研究所	正会員	高橋 尚人
北海道大学大学院 工学院	非会員	渡部 武朗
北海道大学 工学研究院	正会員	高野 伸栄

1. 研究の背景および目的

積雪・凍結路面における歩行者の転倒事故は積雪寒冷地域を中心に多数発生しており、解決すべき課題の1つとなっている。例えば、札幌市では冬期道路での転倒による救急搬送は年間数百件以上発生しており、かつ件数は増加傾向にある。冬期に転倒事故が発生しやすい箇所（冬期歩行危険箇所）に関する情報提供は、外出時の歩行ルート選択や靴の変更など歩行者自身が転倒を防止する効果があると推察されている¹⁾。冬期歩行危険箇所の検出に関する試みは札幌市などで実施され成果を挙げつつあるが、時々刻々と変化する歩道の路面雪氷状態を把握するためには雪氷状態計測ボランティアへの負担軽減や計測地点数・計測精度等の面で解決すべき課題が存在する。

このような背景から、筆者らは普及率が高いスマートフォンを用いて冬期歩行危険箇所を自動的、定量的かつ広範囲にわたり検出する手法について検討を行った。その結果、スマートフォン搭載センサを用いて平常歩行時と雪氷路面歩行時、転倒・スリップ時の歩容（歩幅や歩行速度、加速度変化などの歩行時の挙動）の傾向差を判別することで冬期歩行危険箇所を検出できる可能性があることを明らかにした²⁾。一方で、歩容は年齢・性別等により個人差があるため、多くの歩行者で平常歩行時と危険箇所歩行時などで歩容の傾向に差が生じるか、換言すれば計測者を問わず上記手法により冬期歩行危険箇所を検出可能であるかは不明である。

そこで本研究では、様々な年齢・性別の被験者を対象として雪氷路面歩行時の歩容データを収集し、歩容の個人差によらずスマートフォン搭載センサを用いて冬期歩行危険箇所が検出可能であるか検証を行った。以下に得られた結果の一部を示す。

2. 雪氷路面歩行時の歩容計測実験

本研究では、2017年12月11日および12月14日に北海道大学構内で、2018年1月16日および1月17日に苫小牧寒地試験道路でそれぞれ歩容計測実験を行った。実験では、スマートフォン(ASUS ZenFone 3 Max ZC520TL)を胸ポケット、腰ポケット、ズボンポケット、ハンドバッグおよびリュックサックで保持した被験者が乾燥路面、圧雪、氷膜路面(計測区間長 20m) およびシャーベット、氷板路面(計測区間長 50m)を歩行し、歩行時の3軸加速度を 50Hz で計測した。同時に、歩行状況動画の撮影を行い、計測区間の歩行に要した時間およびスリップ発生回数を計測した。被験者は21歳から65歳の男女30名(男性24名・女性6名、積雪寒冷地域の在住年数4年～65年)であり、事前に書面・口頭で実験内容を説明し実験参加の同意を得られた者を対象とした。

3. 実験の結果

Fig. 1は歩容計測実施時の路面状態を示す。乾燥、氷膜および圧雪路面は概ね平坦であったが、シャーベットおよび氷板路面では最大10cm程度の凹凸が生じた。

Table 1は歩行速度、歩幅、ステップ間時間(1歩当た



Fig. 1 歩容計測区間の路面状態

キーワード：冬期道路管理，歩行者，転倒事故，スマートフォン，加速度センサ

連絡先：〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号 TEL 011-841-1738

Table 1 各路面状態における歩行速度、歩幅、ステップ間時間およびスリップ発生回数

路面状態	歩行速度 (km/h)	歩幅 (m)	ステップ間時間 (sec/歩)	スリップ回数 (回/20m)
乾燥	4.40	0.69	0.56	0.00
シャーベット	4.10	0.61	0.54	0.40
氷膜	4.16	0.63	0.52	0.10
圧雪	4.09	0.65	0.58	0.17
氷板	3.35	0.48	0.53	1.26

りの所要時間) および計測区間歩行時のスリップ発生回数の全被験者平均値を示す。シャーベット、氷膜および圧雪路面では乾燥路面と比較して歩行速度が6~7%低下した。また、歩行速度の低下は氷板路面でより顕著に表れ、乾燥路面と比較して24%低下した。また、路面状態毎の歩幅に着目すると、シャーベット、氷膜および圧雪路面では乾燥路面と比較して6~12%、氷板路面では31%歩幅が小さくなった。路面状態毎のステップ間時間に着目するとシャーベット路面および圧雪路面では乾燥路面と比較して有意な差が見られなかったが、氷膜および氷板路面ではステップ間時間が小さくなった。これらの傾向は被験者の年齢や性別によらず見られることが確認された。一方で、スリップ発生回数はシャーベット路面での0.40回/20m、氷板路面での1.26回/20mに対して氷膜路面では0.10回/20mとなり、氷膜路面のように路面状態が悪化し歩行速度や歩幅が小さくなる条件下でもスリップは発生しにくい場合があることが確認された。

Fig. 2 は種々の路面状態において各被験者の胸ポケットで計測された上下方向加速度の波形を示す。乾燥路面では歩行挙動は概ね規則的であり、歩行加速度もこれを反映して周期的な変動が見られた。他方、圧雪・氷膜路面では転倒を防ぐために歩行が慎重になった結果、加速度の振幅が小さくなる傾向が見られた。これに加えてシャーベット・氷板路面では、滑りやすい箇所を避けながら歩行したためにステップ間時間がばらつく、加速度

変化が不規則になるなどの歩行の不安定化が顕著に現れた。また、スリップ発生時は転倒を防ぐため踏みとどまる動作により加速度の急激な変化などの現象が見られた。これらの傾向は年齢・性別などを問わず発生した。

以上の結果からは、積雪や路面凍結のような路面状態悪化は必ずしもスリップ等が発生しやすい「歩行危険箇所」の発生には結びつかないことが窺える。一方で、スリップが多発する条件下で多くの被験者に生じる歩容の変化、特に歩行の不安定化をスマートフォン搭載加速度センサにより検出することで歩行危険箇所検出が出来る可能性があることが明らかとなった。

4. 結論および今後の展望

本研究の結果、スマートフォン搭載センサを用いて歩容の変化、特にスリップが多発する条件下で顕著に現れる歩行の不安定化を検出することで、計測者の年齢や性別などによらず冬期歩行危険箇所の検出が可能であることが示唆された。このことはスマートフォンを所持していれば誰もが冬期歩行危険箇所の検出に参加できることを示唆しており、将来的に市民協働などによる低コスト、広範囲かつリアルタイムな歩行危険箇所の検出が実現できる可能性がある。今後は歩行安定性を指標化し歩行時のスリップ・転倒危険性を定量的に評価する手法を開発するとともに、実道で複数の計測者によって歩容計測を行い歩行危険箇所の検出が可能であるか試行する。

参考文献

- 1) Anttila, V.: Pedestrians during wintertime-slippery conditions, slipping accidents and information service, Technical Research Center of Finland (VTT) Tiedotteita-Meddelanden 2119, 2001.
- 2) 齊田光, 高橋尚人, 石田樹: スマートフォンを用いた冬期歩行危険箇所検出に関する基礎的検討, 第32回日本道路会議論文集, 2P04, 2017.

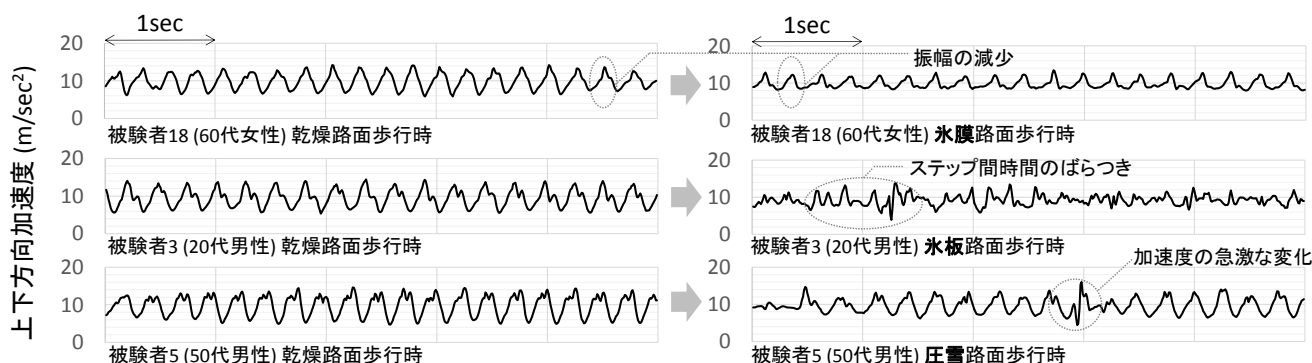


Fig. 2 被験者毎および路面状態毎の上下方向歩行加速度