

スマートフォンを用いた冬期歩道における転倒危険箇所検出実験

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
 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、高齢化の進展に伴い転倒事故件数は増加傾向にある。冬期に転倒が発生しやすい箇所（転倒危険箇所）の出現状況は天候や周辺の建築物の有無、歩行者交通量の多寡などにより時々刻々と変化するが、転倒危険箇所の出現状況を把握することが出来れば重点的な除雪・防滑材散布による路面状態の改善や歩行時のルートや服装等の選定、転倒危険箇所での注意深い歩行の実施など道路管理者・道路利用者の双方にとって転倒防止に役立つと考えられる。

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転倒危険箇所を自動的に、定量的かつ広範囲にわたり検出する手法について開発を行っている。これまでの研究では、スマートフォン搭載センサを用いて測定した加速度の周波数成分の特性に着目することで、計測者の年齢や性別等によらず歩行の安定性を定量的に評価できる可能性があることを明らかにしたり、一方で、上述の結果は閉鎖された試験路における限定的な条件で得られたものであり、この手法を用いて多種多様な歩行環境が現れる実道において転倒危険箇所を検出可能であるかは不明である。

そこで、筆者らは札幌市内の歩行空間を対象としてスマートフォンを用いて歩行挙動計測を行い、実道で転倒危険箇所を検出し得るデータが収集可能であるか基礎的な検証を行ったのでその結果を報告する。

2. 札幌市内の歩行空間における歩行挙動計測実験

本研究では、2018年12月17日から2019年2月28日の約2か月半にわたり、札幌市内の屋外歩行空間を対象として複数の被験者による歩行挙動の計測実験を行った。実験では、各被験者の日常生活での外出時にスマートフォン(AndroidおよびiOS搭載端末)を用いて歩行時の0.02

秒毎加速度および1秒毎位置情報を自動的に計測・収集した。加えて、一部の被験者からは歩行終了時に手動入力した歩行経路上の路面状態判別値（乾燥、湿潤、シャーベット、新雪、圧雪、凍結）を収集した。実験中のスマートフォン保持位置は胸ポケット、腰ポケット、ズボンポケット、ハンドバッグまたはリュックサックのいずれかとした。なお、個人情報保護のため歩行起終点から一定距離以内のデータ収集は行わなかった。その後、計測された加速度から歩行経路上の歩行安定性（歩行の安定性を表す指標、0から1の範囲の値をとり数値が小さい場合は歩行が不安定であることを示す）¹⁾を算出することで転倒危険箇所の検出を試みた。被験者は20代から60代の男女28名（男性24名・女性4名、最多年齢層：20代）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 は実験期間中の札幌市中心部における計測結果の空間分布を歩行安定性毎に色分けして示す。本実験での有効計測距離は約1500kmであり、得られた歩行挙動データは7500万個に達した。本実験では札幌駅付近やすすきの付近、西28丁目駅～琴似駅付近などにおいて多数の計測が行われた。これらの地区では主に幹線道



Fig. 1 札幌市中心部における歩行挙動計測実施状況

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

路において同一時間帯に複数の被験者による計測が行われたほか、生活道路などの歩行者交通量が少ない区間においても多数の計測結果が得られた。一方で、図中の南西（札幌市電沿線）や北東（東区役所付近）では計測データ数は少なく、地区により得られた計測データ数は大きく異なった。これは各被験者の日常生活における行動範囲の偏りに起因するものであり、計測者数を増やすことで解決が可能であると考えられる。

Fig. 2 は実験期間中の札幌駅付近における計測結果の空間分布を歩行安定性毎に色分けして示す。札幌駅南口付近では他の地区と比較して歩行安定性が高い傾向にあった。この理由としては、札幌駅南口付近は札幌市内でも特に歩行者交通量が多い地区であることから冬期道路管理が重点的に行われ、滑りにくい路面状態が維持されたためと推察される。

Fig. 3 は実験期間中において胸ポケットで計測された歩行安定性の平均値および下位 15 パーセント値と日最高気温、日最低気温および日降雪深の経時変化を示す。また、図中には歩行安定性と路面状態のおおよその対応関係を併せて示す。歩行安定性は 2018 年 12 月 28 日前後、2019 年 1 月 13 日前後および 2019 年 2 月 6 日前後などの期間で低下し、これらの期間では歩行安定性の下位 15 パーセント値が 0.35 付近（すべり易い氷板路面における歩行安定性に相当）まで低下した。歩行安定性が大きく低下した期間の大部分は最高気温が 0°C 前後まで上昇し、日降雪量も少ないため歩行者の通行による雪氷層の踏み固めや路面雪氷の融解再凍結によって凍結路面（つるつる路面）が生じやすい条件下にあった。一方で、日降雪深が大きい期間は歩行安定性が比較的高くなる傾向が見られた。これは日降雪深が大きい場合は連続的な降雪により比較的滑りにくい新雪路面が形成されるためと考えられる。以上のような歩行安定性が大きく低下する気象条件は、既往研究により明らかにされて

いる歩道のすべり抵抗値が大きく低下する気象条件²⁾と概ね一致していることから本研究で提案する手法によって実道におけるすべり易い箇所（転倒が発生しやすい箇所）を検出できる可能性が高いことが示唆された。

4. 結論

本研究の結果、スマートフォン搭載加速度センサを用いて歩行安定性を計測することで転倒が発生しやすい箇所を網羅的かつ自動的に検出できる可能性が高いことが明らかとなった。今後は実道における歩行安定性と転倒・スリップ発生状況の関係を定量評価するとともに、本手法の冬期道路管理などへの活用（社会実装）を試みる。

謝辞：本研究の実施にあたり、ウインターライフ推進協議会や北海道大学などの皆様には歩行挙動の計測にご協力いただいた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 齊田光, 徳永ロベルト, 高橋尚人, 渡部武朗, 高野伸栄: スマートフォンを用いた冬期転倒危険度の定量評価手法に関する研究, 第 58 回土木計画学研究発表会・講演集, 119, 2018.
- 2) 金田安弘, 川村文芳, 永田泰浩, 石本敬志, 成田英器: 札幌市における歩道雪氷路面観測 (2008-2009 冬期), 雪氷研究大会講演要旨集, 2009.

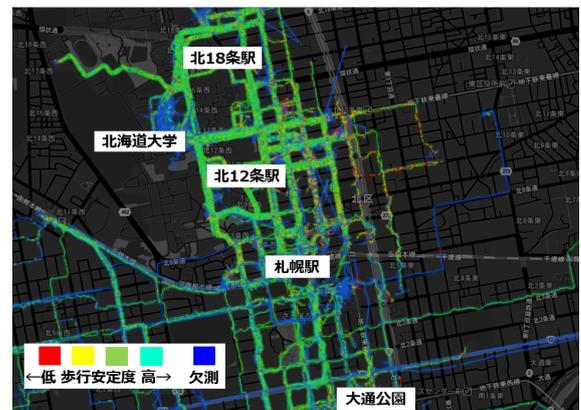


Fig. 2 札幌駅付近における歩行挙動計測実施状況

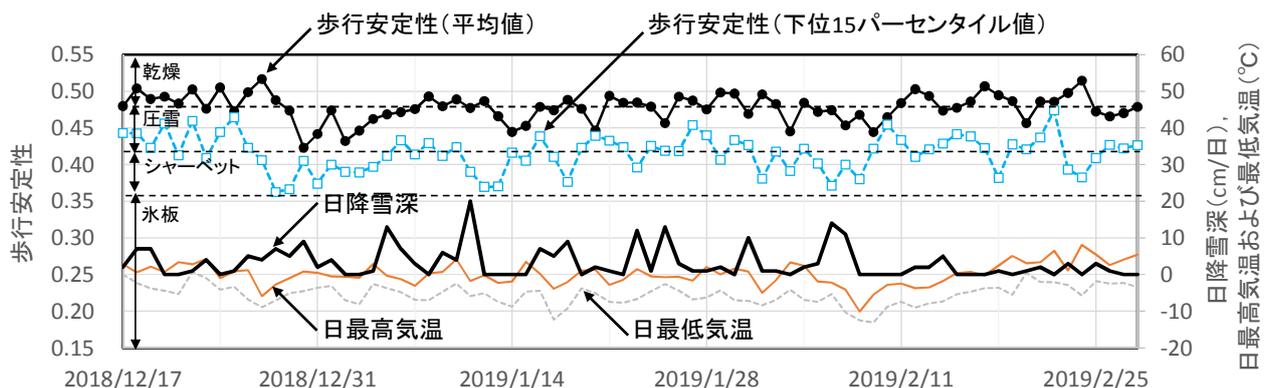


Fig. 3 実験期間中の歩行安定性および気象条件の経時変化