

# スマートフォンを活用した冬期歩道危険個所の検出手法に関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 29～平 30

担当チーム：寒地交通チーム

研究担当者：齊田光、高橋尚人、徳永ロベルト

## 【要旨】

本研究では、スマートフォンに搭載されたセンサを活用して冬期の転倒事故リスクが大きい箇所を検出する手法の開発を行うとともに、提案手法の実用可能性について検証実験を行った。その結果、スマートフォンの多くに搭載された加速度センサを用いて、歩行者のスリップ・転倒挙動の検出および歩行挙動の安定度を定量的に計測することが可能であることが明らかとなった。また、本研究で提案した手法を用いて複数の歩行者から歩行挙動データを収集することで、転倒やスリップが発生しやすい箇所を検出できる可能性があることが示された。

キーワード：冬期道路管理、転倒事故、スマートフォン、加速度センサ、IoT

## 1. はじめに

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、近年の札幌市では冬期道路での転倒による救急搬送は1シーズンに千件以上発生しており、かつ件数は増加傾向にある<sup>1)</sup>。時々刻々と変化する冬期歩行空間の転倒危険度に関する情報を提供することは、外出時の歩行ルートの変更や靴の変更など、歩行者自身による転倒防止を促す効果があると推察されている<sup>2)</sup>。また、冬期歩行空間の転倒危険度を時間的および空間的に詳細に把握することは、重点的に除雪や防滑材散布を行うべき区間の選定など冬期道路管理の適正化を進める上でも重要となる。

このような背景から、本研究では一般に広く普及しているスマートフォンを活用することで転倒危険箇所を検出する手法について基礎的な検討を行った。

## 2. 研究方法

本研究では、多くのスマートフォンに搭載されている加速度センサを用いて、歩行や転倒・スリップ発生に伴う加速度の変化を計測することで転倒危険

箇所の検出を試みた。具体的には、非積雪路面歩行時と比較して積雪・凍結路面歩行時の歩行挙動が不規則となる点に着目し、歩行加速度の周波数成分毎の大きさを用いて歩行の安定度合い（歩行安定性）を定量的に評価することで転倒危険箇所を検出する手法を提案した<sup>3)</sup>。

また、上記手法の妥当性を検証するために、苫小牧寒地試験道路および札幌市内の歩行空間において複数の被験者による検証実験を行った。苫小牧寒地試験道路における実験では、年齢、性別および積雪寒冷地在住年数などの属性が異なる約30名の被験者が乾燥、圧雪および氷膜路面を歩行した時の加速度データを収集し、歩行安定性を用いて路面状態の判別や転倒リスクの定量評価が可能か検証した。札幌市内の歩行空間における実験では、日常生活での外出時における歩行加速度データを収集し、実道において歩行危険箇所の検出に資する情報を得ることが可能であるか基礎的な検証を行った。

## 3. 研究結果

表1は路面状態毎・端末保持位置毎の歩行加速度計測値から求めた歩行安定性の全被験者平均値を示す。

表1 各路面状態における端末保持位置毎の歩行安定性平均値

路面状態	歩行安定性： 胸ポケット	歩行安定性： 腰ポケット	歩行安定性： ズボンポケット	歩行安定性： ハンドバッグ	歩行安定性： リュックサック
乾燥	0.465	0.425	0.350	0.448	0.455
圧雪	0.433	0.390	0.327	0.408	0.421
氷膜	0.456	0.398	0.338	0.437	0.441

※乾燥－圧雪、乾燥－氷膜、圧雪－氷膜間の歩行安定性は全て5%水準で有意差あり

端末保持位置毎の歩行安定性に着目すると、歩行安定性は端末保持位置にかかわらず乾燥路面で最も大きく、氷膜、圧雪の順に小さくなった。この路面状態悪化に伴う歩行安定性の低下は被験者の年齢や性別等によらずほぼ全ての被験者で見られた。なお、本実験においては乾燥路面－圧雪路面、乾燥路面－氷膜路面および圧雪路面－氷膜路面の歩行安定性の間にはそれぞれ有意な差が見られた（ハンドバッグで計測された乾燥路面－氷膜路面の歩行安定性では $p < 0.05$ 、その他のケースでは $p < 0.01$ ）。この結果より、本研究で提案した手法で求めた歩行安定性は、年齢や性別、積雪寒冷地在住年数などの個人差によらず路面状態の悪化に伴い低下することが明らかとなった。このことから、歩行安定性の計測値が乾燥路面歩行時には出現し得ないような低い値であった場合は氷板路面のような転倒危険度が高い箇所を歩行中であると判断するなどの方法で、歩行安定性のみを用いて転倒危険度が高い箇所の定量的かつ客観的な検出が可能になると考えられる。

図1は2018年度冬期に札幌市中心部において計測された歩行安定性の空間分布を示す。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ずきの付近、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。本実験期間中の計測結果を見ると、札幌駅南側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、札幌駅南側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。

#### 4. まとめ

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加速度を計測することで計測者の年齢や性別、端末保持位置等によらず歩行安定性を定量的に計測可能であること、および複数の計測者で歩

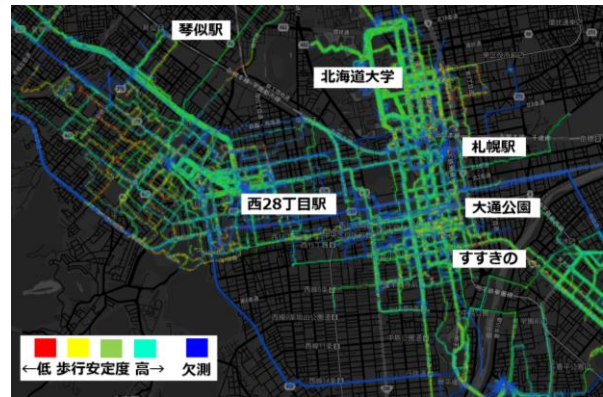


図1 札幌市中心部における歩行安定性の空間分布

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。今後は大量の歩行挙動計測データを用いた転倒危険箇所のリアルタイムな把握手法の開発や本手法の冬期道路管理などへの活用（社会実装）を試みる。

#### 参考文献

- 1) 永田泰浩、金田安弘、富田真未：「札幌市における転倒による救急搬送車の分析」、雪氷研究大会講演要旨集, p. 113, 2014.
- 2) Anttila, V.: "Pedestrians during wintertime-slippery conditions, slipping accidents and information service", Technical Research Center of Finland (VTT) Tiedotteita-Meddelanden 2119, 2001.
- 3) 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」、土木学会論文集 D3・特集号、掲載決定.