

スマートフォンを用いた 札幌市内冬期歩道における歩容計測データ分析

渡部 武朗¹・齊田 光²・徳永ロベルト³・高野伸栄⁴

¹学生会員 非会員 北海道大学大学院 工学院(〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail:take-0707@eis.hokudai.ac.jp

²正会員 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所(〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34)

E-mail:saida-a@ceri.go.jp

³正会員 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所(〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34)

E-mail:roberto-1097ga@ceri.go.jp

⁴正会員 北海道大学 工学研究院(〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail:shey@eng.hokudai.ac.jp

冬期の歩行者転倒事故は増加傾向にあり、冬期歩行空間における「つるつる路面」等の歩行危険箇所の把握は、道路管理者や歩行者が転倒事故対策を行うために重要である。そこで、現在普及しているスマートフォンの加速度センサを利用し、人の歩容計測を行い、歩行時の安定性をリアルタイムで定量的に評価する指標（歩行安定度）を求める手法の開発を行った。

これまでの研究では、試験道路で歩容計測実験を行い、年齢や性別などに関わらず異なる路面状態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。本研究では、限定的な条件下で行われた上記の結果を踏まえ、札幌市内の冬期実道を対象に歩容計測実験を行った。その結果から、歩行に影響を及ぼす様々な要因がある条件下においても冬期の路面状態を定量的に評価可能であるか分析を行った。

Key Words : *smartphone, winter sidewalk, pedestrian, acceleration sensor, fall accident*

1. 研究の背景及び目的

冬期の積雪路面・凍結路面における歩行者転倒事故は多数発生しており、解決すべき課題である。例として、近年の札幌では千件以上の救急搬送が発生しており、かつ増加傾向にある¹⁾。特に、積雪寒冷地では歩行する上で転倒するリスクが高まる「つるつる路面」のような歩行危険箇所が生じやすいが、歩行危険箇所のお出現状況は昼夜の気温変化や天候変化、歩行通航量の多寡によって変化する。冬期の歩行空間において歩行危険箇所を時間的・空間的に詳細に把握することが出来れば、道路管理者は防滑材散布や除雪などを効率的に行うことが可能となる。また、道路利用者も冬期歩行空間の歩行危険箇所の情報提供を受けることによって、外出時の歩行ルートや適切な服装の選択など転倒のリスクを回避する判断に役立てることができる。したがって、冬期の転倒事故対策を行うためには、冬期歩行空間における歩行危険箇所をリアルタイムで広域的に把握できる手法の確立が重要である。

このような背景から、筆者らは現在広く普及してい

るスマートフォンを利用することによって、冬期歩行空間の歩行危険箇所を自動的、リアルタイムかつ広範囲にわたり検出する手法の開発を行った。

スマートフォンに搭載された加速度センサを用いて歩行時の加速度変化を計測した際、積雪がなく混雑していない条件下で歩行した場合、歩行者は比較的規則的に歩行するため、一定の周期で加速度変化がみられた。一方で、凍結路面を歩行する場合は滑りやすい箇所を避けて歩行しようとするため、不規則的な周期で加速度変化がみられた。また、凍結路面においてスリップ発生時には、転倒防止のため踏みとどまるため急な姿勢変化がみられ、規則的な加速度変化が失われる傾向にあることが示された。これらの結果より加速度周波数成分の特性に着目することで、歩行時の加速度データから加速度スペクトル（Acceleration Spectrum, 以下AS）を算出し、冬期歩道における歩容の規則性を周波数毎に表し、転倒危険度の評価に用いることを提案した。歩行時の加速度データから算出されたASは路面状態によって異なる傾向が示される。非積雪路面においては、加速度変化がほぼ規則的になるため、ASは特

定の狭い周波数帯で振幅が大きくなる。一方で、凍結路面では不規則な歩行挙動により規則的な加速度変化が失われるため、非積雪路面と比較して、広い周波数帯で分散しピーク時の値も小さいものとなる。これらのことから、歩行経路上の歩行の安定性を示す指標、歩行安定度（ASの振幅の上位成分とASの全成分との比、0から1の範囲で値をとり、数値が小さい場合は歩行が不安定となっていることを示す）を算出し、歩行危険箇所の検出可能性について検討を行った。

2017年度冬期に行った実験では、年齢や性別などに関わらず転倒の危険性や路面状態を歩行安定度を用いて定量的に評価できる可能性があることを明らかにした²⁾。しかし、この実験結果は、大学構内や試験道路等の限られた条件下で得られたものであり、冬期の実道のように様々な路面状態が混在している多様な歩行環境においても上述の手法で定量的な評価できるかは定かではない。

そこで、筆者らは冬期の札幌市内の歩行空間を対象として、歩容計測実験を行い、実道においても冬期の路面状態を定量的に評価し歩行危険箇所を検出可能であるか検証を行った。

2. 札幌市内における冬期歩容計測実験

本研究では、2018年12月17日から2019年2月28日までの札幌市内の冬期歩行空間を対象として、歩容計測実験を行った。本実験では、複数の実験参加者から日常生活での外出時にスマートフォン（AndroidまたはiOS）を用いて、歩容データおよび位置情報データを収集した。この時、スマートフォンは胸ポケット、腰ポケット、ズボンポケット、ハンドバック、リュックサックのうちいずれかに保持した状態で計測を行った。なお、歩容データは0.02秒毎、位置情報は1秒毎に自動で計測・収集した。加えて、Androidのスマートフォンを用いて計測を行った実験参加者には歩容計測終了時に路面状態の目視判別値の入力を依頼し、歩行経路上の路面状態（乾燥、湿潤、シャーベット、新雪、圧雪、凍結）を収集した。実験参加者の属性は20代から60代までの男女28名（男性24名、女性4名）であり、事前に書面で実験内容を説明し承諾が得られたものを対象とした。また、個人情報保護のため、計測開始地点から一定距離以内の歩容計測を行わなかった。

3. 冬期歩容計測データ分析

本実験では、実験期間中の2018年12月17日から2019年2月28日までに約7500万個の歩容計測データを得られた（図-1）。実験で計測されたデータを歩行距離に換算す

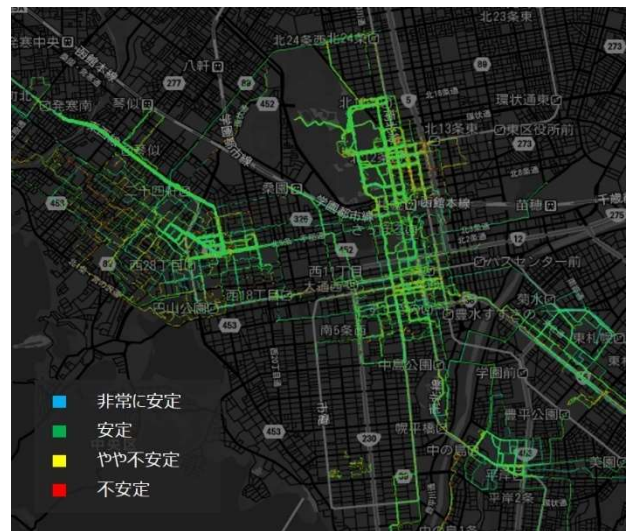


図-1 実験期間中の札幌市内歩容計測データ

ると約1500kmもの実道における歩行データを得られたことになる。本実験で得られたデータから、冬期の実道を安定して歩行できる区間であることを示す指標として、歩行安定度を用いることができるか分析を行った。実道における歩容計測では、試験道路で計測した場合と異なり、気象状況や実験参加者の歩容の個人差など様々な要因が組み合わさり、歩行安定度に影響を及ぼすと考えられる。まず、実験参加者ごとに歩行安定度のばらつきを求め、毎日の歩行安定度変化が最も歩行空間内の状況を反映している実験参加者群を選定した。これらの実験参加者群の歩行安定度と歩行環境に影響を及ぼすと考えられる要因（気温、降雪量、降水量、年齢、積雪寒冷地在住年数など）との相関関係を求める。分析結果及び考察に関しては、会場で発表する。

謝辞：本研究にあたり、ウィンターライフ推進協議会の皆様には実験参加をはじめとして研究のご協力をいただきました。深く御礼申し上げます。

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) 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.

(2019.?受付)

AN ANALYSIS OF GAIT DATA MEASURED ON WINTER WALKWAY IN SAPPORO BY USING SMARTPHONES

Takerou WATANABE, Akira SAIDA, Roberto TOKUNAGA and Shin-ei TAKANO

The number of pedestrian fall accidents in winter is on the rise. Thus, it is important for road managers and pedestrians to get information of the location for fall accidents, such as “frozen-slick road ” in winter walking spaces to prevent fall accidents. Therefore, we developed a method to measure human gait using the smartphone's acceleration sensor and to obtain an index (gait stability) to quantitatively evaluate the stability during walking in real time.

In previous studies, we conducted a gait measurement experiment on the test road and found that it is possible to quantitatively evaluate different road surface conditions regardless of age or gender. In this study, we conducted gait measurement experiments on actual winter roads in Sapporo based on the above results under limited conditions. From the results, we analyzed whether the road surface condition in winter can be evaluated quantitatively even under conditions with various factors affecting walking.