

積雪寒冷地における擬似的避難行動軌跡データを用いた避難経路の状況分析
ー北海道ニセコ町を事例としてー
奥野祐介・橋本雄一

**A State Analysis of Evacuation Routes in a Heavily Snow Covered and Cold Area
Using Quasi Evacuation Trajectory Data:
A Geographical Study of Niseko Town, Hokkaido
Yusuke OKUNO and Yuichi HASHIMOTO**

Abstract: In this study, the purpose is to clarify and evaluate obstacles along evacuation routes in a heavy snow covered and cold area using quasi evacuation trajectory data. The study chose Niseko as the research area and collected the quasi evacuation trajectory data using a handheld GPS device. The evacuation trajectory data were visualized by kernel density estimation focused decreases in walking speed using the GIS, and places where the speed reduction occurred were extracted. The study was able to identify what posed as obstacles on the evacuation route.

Keywords: 避難経路 (evacuation route), 軌跡データ (trajectory data), カーネル密度推定 (kernel density estimation), 積雪寒冷地 (heavy snow covered and cold area), 北海道 (Hokkaido)

1. はじめに

2011年に発生した東日本大震災を受け、2012年に新しい地理空間情報活用推進基本計画が閣議決定された。これにより、防災研究へ衛星測位技術等を活用する環境が整いつつある。特に、全地球航法衛星システム (GNSS) の一つである全地球測位システム (GPS) は、携帯電話等の普及により商業化が進み、利用機会が増加している。

GNSSを用いた防災研究としては、深田ほか (2013) が、GPSを用いた擬似的津波避難行動ログの収集と分析を試み、奥野ほか (2013) が、夏季と冬季に釧路市で収集した避難行動ログの季節別比較分析を行っている。

災害避難を検討する場合、避難に使用する経路は重要である。避難経路に関する研究では、中山ほか (2008) 等、シミュレーションをもとに避難経路の評価を行なっている研究が見られるが、GNSSを用いて取得した人間の移動軌跡データから避難経路を分析した研究は稀である。

また、北海道のような積雪寒冷地では、冬季に積雪が見られるため、避難経路の状態によっては歩行速度の低下等が想定される。そのため、積雪期を考慮した防災、減災に関する研究が必要であると考えられる。

そこで本研究では、積雪寒冷地において収集した擬似的避難行動軌跡データを用いた避難経路の状況分析を行い、避難経路上における積雪寒冷地特有の課題を明らかにする。これにより、経路の検討の他に、自治体において季節差を考慮した災害対策検討の一助となると考えられる。

奥野祐介 〒003-0021 北海道札幌市白石区栄通2丁目

株式会社シン技術コンサル

Phone: 011-859-2600 (大代表)

E-mail: y-okuno@shin-eng.co.jp

2. 研究方法

本研究では、まず、ハンディ GPS を用いて擬似的避難行動軌跡データを積雪期、非積雪期に収集する。その際、移動の様子をビデオカメラで撮影する。その後、移動軌跡データの位置情報と時間情報から歩行速度を計算し、データに含まれるエラーを除去する。

次に、GIS を用いて避難行動軌跡データを可視化し、速度低下箇所を抽出する。データの可視化手法には、カーネル密度推定を採用する。カーネル密度推定は、離散的データを確率密度関数による連続的データに変換することで、地点の分布傾向把握を容易にする手法であり (Silverman, 1986), 奥野ほか (2013) の速度低下に着目したカーネル密度推定を採用する。速度低下要因の把握には、ビデオカメラ映像を用いる。

最後に、そのカーネル密度図を三次元化により複数データを同時表示し、マクロスケールで要因の把握を行ない、経路上の課題を明らかにする。

3. 研究対象地域

本研究では、北海道ニセコ町を対象地域とする (図-1)。ニセコ町は、近年、「安心安全な地域づくり」等を目標とした、情報通信技術 (ICT) を活用したまちづくりを進めている。その一事業として、GPS によるデータ収集を行っており、ICT 等を活用し、災害に備えた取組みを進めている。

ニセコ町では、過去に暴風雪や豪雨、台風等に

よる被害が発生しているため、本研究もこれらの災害を想定して行う。

4. データ収集調査の概要

擬似的避難行動軌跡データの取得を目的に、2014 年 2 月 4~6 日、7 月 5 日に、ハンディ GPS を装備した調査員が任意の地点から指定避難場所までの擬似的避難行動を記録した。GARMIN 社の eTrex 30J を 1 秒間隔で位置情報を記録するように設定し、調査はハンディ GPS 担当とビデオカメラ担当、安全確認担当の 3 名 2 組 6 名で行なった (図-2)。

避難開始地点は、(1) 団地等、集合住宅が立地する地点周辺、(2) 店舗や住宅が集中している地点周辺の 2 基準を設定し、いずれかに該当するように設定した。基準 (1) は地域住民の避難を、基準 (2) は地域住民と観光者の避難を想定した。図-3 は収集した経路図である。避難開始地点を設定する際、避難経路の分析を行なうため、極力遠方からスタートするようにし、可能な限り長い距離を歩行するようにした。

5. カーネル密度推定を用いた可視化分析

奥野ほか (2013) を参考に、移動軌跡データの位置情報と時刻情報から歩行速度を算出し、データに含まれるエラーの除去を行う。本研究では、(1) 歩行速度が 10km/h を超える点、(2) 歩行不可能な点の 2 基準を設定し、エラーの除去を行っ

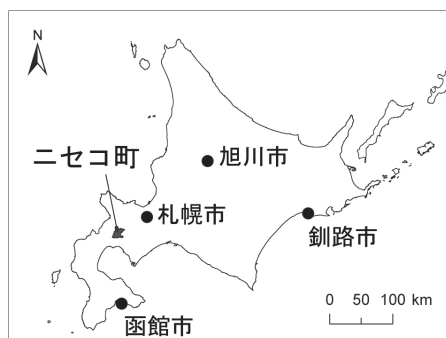


図-1 北海道ニセコ町位置図



図-2 データ収集風景

(2014 年 2 月 6 日、筆者撮影)

た．その後、各経路の平均歩行速度を算出し、それを歩行速度から引き、速度の増減のみにした後、そこに-1を乗じ、速度低下箇所の数値を正の値にする．そして、速度上昇箇所の値を0に置き換えることで、速度低下箇所のみを抽出する．この値をカーネル密度推定の重みとして用いる．この可視化手法を軌跡データに施し、両時期の比較を行いやすくするため、積雪期と非積雪期とで密度値の最高値が100になるように基準化する．

図-4は、ニセコ町において収集した軌跡データに対し、検索半径を10mに設定し、可視化した一例である．各経路の季節差を比較するため、数値を変えて試した結果、最も要因の特定に優れた指標として、密度値が70以上の箇所を速度低下箇所とし、移動開始時及び到着時の速度低下箇所は除外した．この経路は、本通周辺から町民センターへ移動したものであり、抽出された速度低下箇所とビデオカメラ映像を照合したところ、車両の通過を待つために停止していたことが明らかとなった．この道路は、歩道の一部が雪で埋まっており、車道の歩行を余儀なくされていた(図-5)．

表-1は、収集した全経路の速度低下要因をまとめたものである．備考の※印は、経路の状態が歩行速度の低下を招いていたことを示す．非積雪期は、歩行者とすれ違う際の減速が、積雪期では、車両の通過待ちによる減速が顕著であった．経路上の障害としては、傾斜や砂利道、未舗装等が、積雪期特有のものとしては、雪道や雪山の回避等

が見られた．また、積雪期に多く見られた車両の通過待ちでは、図-5のように、歩道上に雪山が形成されている等で車道の歩行を余儀なくされ、その際に車両の通過を待つ等、間接的に避難経路の状態が減速要因になっているものも見られた．

図-6は、全経路のカーネル密度図を三次元化し、東方向から鳥瞰したものである．図中のアルファベットは、表-1の速度低下要因と対応している．町民センター等がある中心部では、車両通過による停止が数多く見られた．

また、住宅街から中心部へ向かう経路上では、雪山を回避するための減速が多く見られ、除排雪が行き届いていない、又は、除雪により雪山が生じる等、除排雪に関する課題の存在が示唆された．

他に、避難所の入口がわからず、道に迷っていた例も見られた．これは、非積雪期でも発生し得る要因であり、国内外から多数の観光者やスキー客が訪れるニセコ町では、地理不案内者も考慮したまちづくりを進める必要があると考えられる

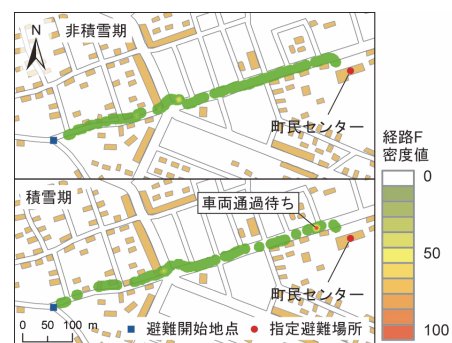


図-4 経路Fのカーネル密度図

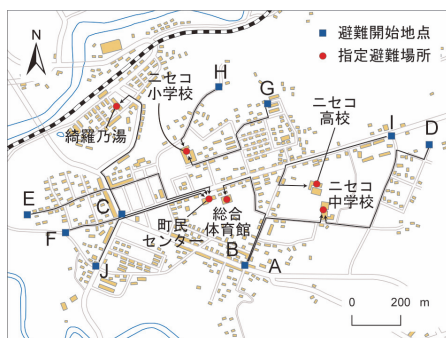


図-3 収集経路一覧図



図-5 経路Fの速度低下要因

(2014年2月6日、調査員撮影)

ため、避難場所の周知や入口確保の徹底、明瞭な標示等が必要となる可能性がある。

6. おわりに

本研究では、積雪寒冷地において積雪期、非積雪期に収集した擬似的避難行動軌跡データより、避難に使用する経路上の課題、障害を明らかにすることを目的に、収集した軌跡データの可視化分析を行った。その結果、軌跡データから避難をする上で障害になると考えられる歩行速度の低下箇所、つまり、避難経路上の障害箇所を抽出でき、また、撮影したビデオカメラ映像との照合を行うことで、その要因を把握できた。路面の状態による減速行動や積雪期特有の障害が多く見られ、豪雨や洪水等の路面状態に変化が見られる災害や暴風雪等を考慮した避難を検討するにあたっての基礎データ整備に繋がったものと推察される。

今回は、ニセコ町内における避難経路の一部のデータ分析であるため、本分析結果からニセコ町

における避難経路上の課題や障害を防災計画等に提言することは困難であるが、データ数が増えるにつれ、抽出されつつある課題や障害が顕在化する可能性がある。ニセコ町では、ICTを用いた住民支援や観光者等への情報提供等を検討しており、今後もデータの蓄積が継続して行われると考えられる。

今後は、データの蓄積と分析を続け、将来的にはニセコ町並びに積雪寒冷地域の災害時における避難対策に貢献していきたい。

謝辞

本研究を進めるにあたり、北海道大学大学院文学研究科の院生並びに学部生に調査にご協力いただいた。ここに記して深謝いたします。本研究は、科学研究費助成金（基盤研究（C）「ジオマイクログラデータを用いた積雪寒冷地都市内部における積雪期災害時避難の地理学的研究」、2452088302、代表者：橋本雄一）の成果の一部である。

参考文献

奥野祐介・橋本雄一・深田秀実（2013）：積雪寒冷地におけるGPSを援用した津波避難に関する行動分析―北海道釧路市を事例として―。地理情報システム学会講演論文集，22，F-1-2（CD-ROM）

中山大地・森永大介・松山洋（2008）：洪水氾濫シミュレーションに基づく避難経路の歩行可能評価。地学雑誌，117，424-438。

深田秀実・橋本雄一・赤渕明寛・沖観行・奥野祐介（2013）：タブレットPCを用いた津波避難支援システムの提案。マルチメディア・分散・協調とモバイル（DICOMO2013）シンポジウム論文集 情報処理学会シンポジウムシリーズ，2013（2），1938-1944。

Silverman, B.W., 1986. Density Estimation for Statistics and Data Analysis. New York: Chapman and Hall.

表-1 速度低下要因一覧

速度低下要因	非積雪期	(%)	積雪期	(%)	備考
A 歩行者とのすれ違い	3	30.00	0	0.00	
B 車両通過待ち	1	10.00	4	26.67	
C 道に迷う	0	0.00	2	13.33	
D 傾斜（上り）	1	10.00	0	0.00	※
E 傾斜（下り）	0	0.00	1	6.67	※
F 歩道が狭い	2	20.00	0	0.00	※
G 未舗装（路傍）	1	10.00	0	0.00	※
H 砂利道	1	10.00	0	0.00	※
I 雪道	0	0.00	5	33.33	※
J 雪山	0	0.00	3	20.00	※
K 原因不明	1	10.00	0	0.00	
合計	10	100.00	15	100.00	

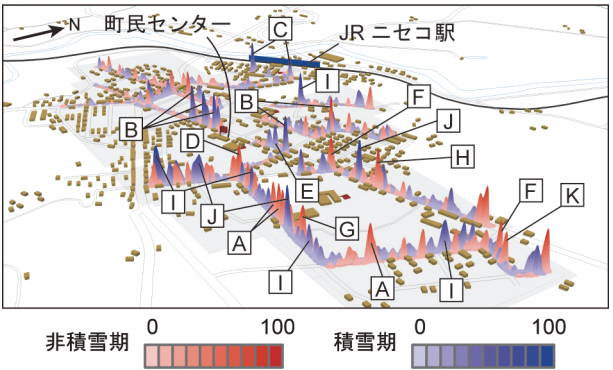


図-6 全経路の三次元カーネル密度図