

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—

奥野祐介・橋本雄一・深田秀実

A Spatial Analysis of Tsunami Refuge Behavior

Using GPS Log Data in a Heavy Snow and Cold Area

: a Geographical Study in Kushiro, Hokkaido

Yusuke OKUNO, Yuichi HASHIMOTO and Hidemi FUKADA

Abstract: In this study, the purpose is solving a tsunami refuge behavior issue in a heavy snow and cold area. Therefore, this study analyzed a tsunami refuge behavior using GPS in a snowy coast city expected tsunami damage. Study area is Kushiro, Hokkaido. GPS log data were taken using handy GPS logger in summer and winter, and compared summer data and winter data. As a result, it is clarified some problems of summer and winter tsunami refuge behavior in Kushiro, Hokkaido, and extracted important data for disaster city planning.

Keywords: 全地球測位システム (GPS), 津波避難行動 (tsunami refuge behavior), 積雪寒冷地 (heavy snow and cold area) カーネル密度推定 (kernel density estimation)

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災を受け、北海道では、2012年6月28日に新しい津波浸水想定（以下、新想定）が発表された。橋本（2013）によると、新想定と国勢調査の結果を重ね合わせることで、北海道全体で約46万人が津波浸水想定域内に居住していることが明らかになっており、津波避難の困難性が指摘されている。

北海道は、冬季に雪が降る積雪寒冷地である。積雪寒冷地では、降雪や路面の凍結などが見られ、夏季と冬季において、避難行動時の課題に差異が生じるものと考えられる。

そこで本研究では、積雪寒冷地における夏季、

冬季の津波避難行動に関する課題の抽出を目的とする。これにより、防災計画を作成するにあたっての一助になるものと考えられる。

2. 研究対象地域

本研究は、北海道釧路市を対象地域とする。北海道釧路市は、北海道東部に位置する沿岸都市であり、中心市街地が津波浸水想定域内に位置している（図-1）。橋本（2013）によると、釧路市における津波浸水想定域内の推定居住人口は約13万人であり、釧路市は、北海道内で最も津波浸水想定域内の推定居住人口が多い都市である。

3. 研究方法

本研究は、図-2のように進める。まず、ハンディ GPS ロガーを用いて避難行動情報を収集する。この際、避難行動の様子をビデオカメラで撮影す

奥野祐介 〒060-0810 北海道札幌市北7条西10丁目

北海道大学大学院文学研究科 修士課程

Phone: 080-6062-8239

E-mail: okuno@let.hokudai.ac.jp

る．次に，収集した避難行動情報には誤差が含まれている場合があるので，歩行速度を計算し，補正を行なう．データの補正後，歩行速度を重み付けした上で，GISを用いてカーネル密度推定を施す．これにより，危険箇所の抽出が可能となる．最後に，データ収集の際に撮影したビデオカメラの映像と，抽出された危険箇所とを照合し，積雪寒冷地における避難行動の課題を明らかにする．

4. 調査概要

避難行動情報である GPS ログの取得を目的に，ハンディ GPS ロガーを装備した学生が任意の地点から津波避難所までの擬似的な避難行動を記録した．調査は，夏季は 2012 年 8 月 27～28 日，

9 月 17～20 日，冬季は 2013 年 2 月 18～21 日の日程で調査を行なった．調査に使用したハンディ GPS ロガーは GARMIN 社の eTrex 30J で，3 台使用した．調査は，図-3 のように，ハンディ GPS ロガー担当，ビデオカメラ担当の 2 名 1 組で行なった．

避難開始地点の設定には，母点に釧路市の津波浸水想定域外の避難場所および全ての津波避難ビルを，道路ネットワークに株式会社北海道地図の GISMAP の道路網を用いて，相馬・橋本(2006)を参考にネットワークボロノイ領域を設定した(図-4)．基本的に，その境界線付近を避難開始地点とした．今回の調査では，夏季，冬季で同一の経路，42 経路のデータを取得した(図-5)．

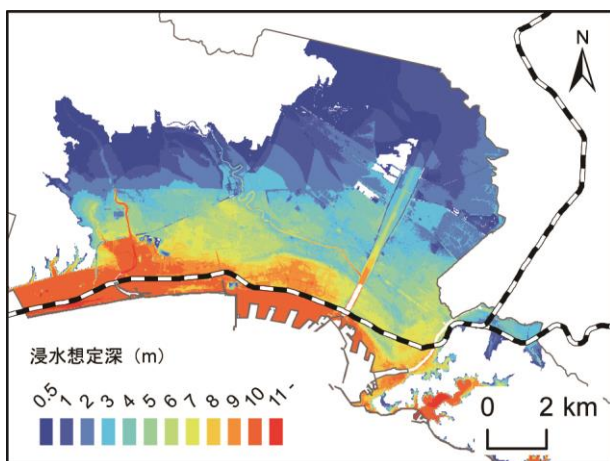


図-1 北海道釧路市における津波浸水想定域

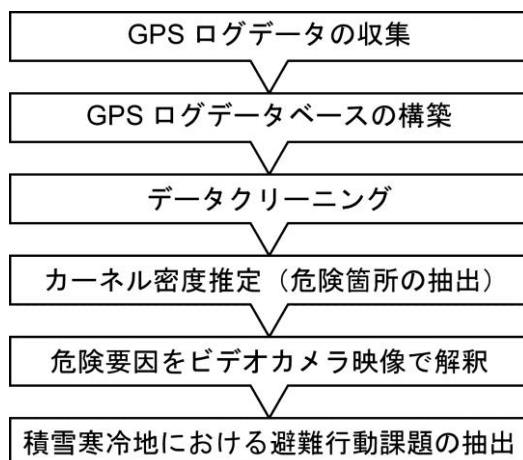


図-2 研究方法



図-3 調査風景

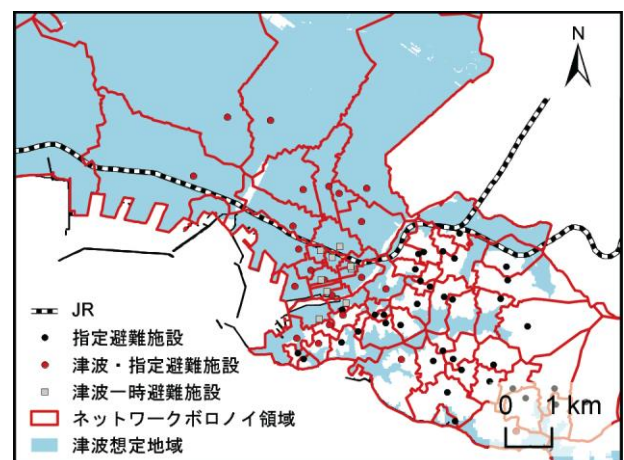


図-4 津波避難場所による
ネットワークボロノイ領域分割

5. データクリーニング

ハンディ GPS ロガーを用いた単独測位には、マルチパス誤差や電離層乖離誤差といったものが含まれる。また、本分析では、速度低下箇所の抽出を行なうが、取得したデータは市街地を移動しているため、信号による停止箇所が多く、信号による停止も数多く可視化されてしまう恐れがある。そこで、以下の基準を設定し、データの除去を行なった。

[1] 歩行速度が 10km/h を超える箇所

[2] 信号による停止箇所

なお、[1]の基準は、人間の平均歩行速度(1.3m/s \div 4.7km/h)を考慮して設定した。歩行速度の計算は図-6 のように行った。

6. 避難行動情報の夏季・冬季比較分析

本研究では、GPS ログに対し、歩行速度を重み付けした上でカーネル密度推定を施し、避難行動時の低速箇所を抽出する。カーネル密度推定は、密度を計算する地点を中心として、任意に指定し

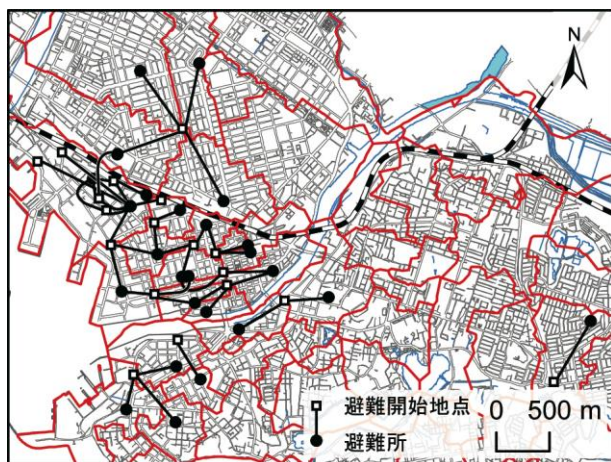


図-5 取得避難経路

た検索半径内の点密度を、計算地点からの距離減衰効果による重み付けを伴って計算する手法である (Silverman, 1986)。歩行速度の算出は図-6 のように行ったが、この状態では歩行速度の高い部分が高密度箇所として表現される。速度低下箇所を高密度箇所として表現することで、危険箇所がより明瞭なものになると考えられる。

歩行者の違いによる速度の差異を無くすため、まず、Microsoft Excel を用いて各 GPS ログの平均速度を算出し、それを歩行速度から引き、速度の増減のみにする (図-6 H 列)。そこに-1 を乗じ、速度低下箇所の数値を正の値にする (図-6 I 列)。最後に、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 (図-6 J 列)。

以上の計算結果を重み付けし、カーネル密度推定を施した例が図-7, 8 である。今回、検索半径は 25m とし、計算を行った。各経路の夏季と冬季の比較をするため、密度値は経路別に設定し、密度値が 6 割以上のエリアを危険箇所とした。同様の方法で 42 経路分のデータに対してカーネル密度推定を施し、低速箇所の抽出とビデオカメラ映像との照合を行った。その結果が、表-1 である。

表-1 より、夏季では、交差点周辺での減速行動が目立つが、冬季では、図-7 でも表れているように、路面の凍結による減速が特徴的である。特に、氷が融けて濡れている路面から凍結路面への移動時における速度の低下が顕著であった。また、雪が積もっている道や、除雪などにより形成された雪山によって歩道が狭くなり、回り道を余儀なくされるなど、冬季特有の課題が明らかとなった。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	OBJECTID	時刻(UTC)	X	Y	測地間隔	移動距離	歩行速度	速度-平均	(速度-平均)*(-1)	速度低下箇所
2	1	1:03:59	10409.5926	-112996.9595	0:00:00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	2	1:04:00	10409.8372	-112996.9591	0:00:01	0.0001	0.2154	-5.0432	5.0432	5.0432
4	3	1:04:01	10410.3269	-112997.1805	0:00:01	0.0003	1.0398	-4.2189	4.2189	4.2189
			GIS で X, Y 座標を計算		=B3-B2		=F3/(E3*24)	=H3- 平均速度	=H3*(-1)	=IF(J3<0, 0, J3)
			=((C3-C2)^2+(D3-D2)^2)/1000							

図-6 歩行速度算出過程

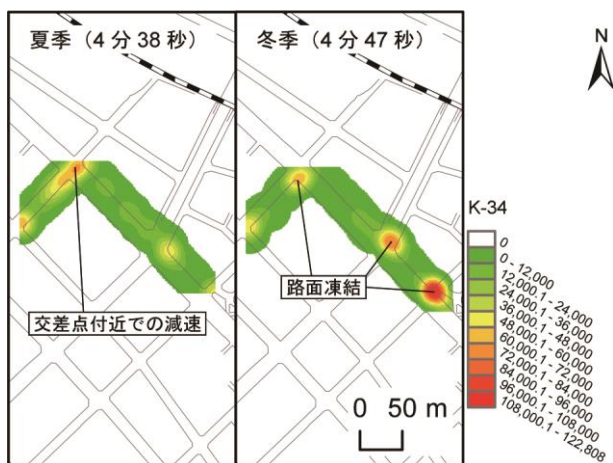


図-7 危険箇所抽出例 (1)

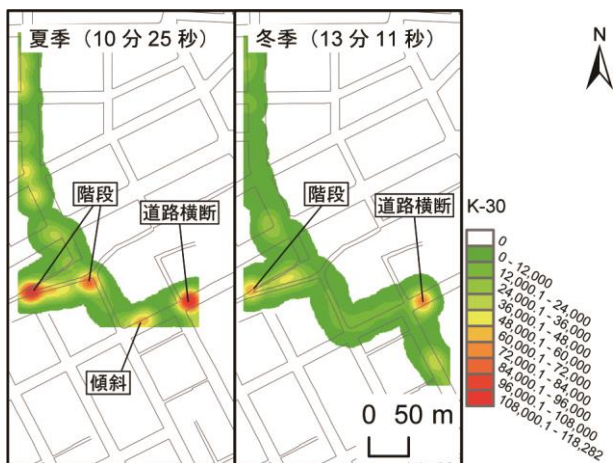


図-8 危険箇所抽出例 (2)

表-1 夏季・冬季における危険箇所数とその要因

速度低下要因	夏季	割合 (%)	冬季	割合 (%)
交差点周辺での減速	17	47.2	15	21.4
交通量の多さ	3	8.3	1	1.4
避難所の付近で迷う	1	2.8	3	4.3
階段	4	11.1	3	4.3
傾斜	2	5.6	1	1.4
路面凍結	0	0.0	25	35.7
雪道・雪山	0	0.0	17	24.3
その他	9	25.0	5	7.1

他にも、避難所の入口において、夏季は通れた入口が、冬季では雪で埋まっていた、といったことも見られた。避難所標識が設置されてはいるが、それだけではなく、非常時に向けて常に入口を広く確保し、避難者にわかりやすくしておく必要があると考えられる。また、信号がない交差点にお

ける交通量の多さや、傾斜のあるエリア、図-8 のような階段での減速行動が見られた。階段では、夏季は上りで、冬季は下りで減速行動が見られた。

7. おわりに

本研究では、積雪寒冷地における夏季、冬季の津波避難行動に関する課題を抽出することを目的に、GPS と GIS を用いて分析を行った。夏季、冬季を比較した結果、積雪寒冷地特有の避難行動に関する課題がいくつか明らかとなった。特に、路面凍結や雪による避難行動の困難化が顕著であり、本研究では、体感していた困難性を定量的に把握することができた。津波浸水想定域が存在する地方自治体では、避難所設定や避難所標識の設置などの他に、冬季における積雪対策の重点化が必要である。

本研究では、比較的積雪量が少ない北海道の沿岸自治体である釧路市において分析を行った。今後は、他の積雪量が多い自治体を取り上げ、夏季、冬季の他に、積雪量による課題の地域差などを明らかにしていきたい。

付記

本研究は、科学研究費補助金基盤研究 C [課題番号 24520883, 研究代表者 橋本雄一] の成果の一部である。

参考文献

- 橋本雄一 (2013) : GIS とジオマイクロデータを用いた臨海都市における冬季災害時避難の地理学的研究, 一般財団法人第一生命財団 平成 24 年度研究助成調査研究報告書。
- 相馬絵美・橋本雄一 (2006) : 空間データにおけるネットワークボロノイ領域の分析方法, 北海道地理, 81, 29-37。
- B.W.Silverman (1986) : Density Estimation for Statistics and Data Analysis, New York, Chapman and Hall.