

# GPS を用いた非日常空間における津波避難行動に関する空間分析

塩崎大輔<sup>1</sup> 橋本雄一<sup>2</sup>

## 概要：

本研究では非日常空間での津波避難実験を行い、参加者の避難行動を GPS ログ及び記録情報から分析し、地理的に不慣れな空間での参加者の避難行動を分析することを目的とした。そのために、まず、伊達紋別駅周辺をスタート地点として、津波避難実験を実施し、収集された GPS 情報及び映像情報から非日常空間における避難行動、実験前後に実施されたアンケート結果から参加者の防災意識の変化を分析した。

その結果、避難に際しては避難場所を決定し、避難ルート選択を行うなどといった避難行動の中で、グループ毎に差異が見られ、非日常空間における意思決定プロセスを考える上でも重要なデータが取れた。実験前後に行ったアンケート結果から、非日常空間における避難行動でも、参加者は迅速に避難ができたという意識を持つことが分かった。

また事前情報が少なかったため、実験前後で集団の意思決定におけるコミュニケーションの重要性を再認識する結果が得られた。今回の避難実験は、今後の避難実験を考える上で重要なデータが得られた。こうした情報を元に、今後の避難実験を行う上での対象地域の選定及び条件の検討、フィードバックのあり方も含めて再検討していく。

**キーワード：**津波避難, GPS, 地理情報システム, 防災

## Spatial Analysis of Tsunami Evacuation Behavior in Non-Ordinary Spaces Using GPS

DAISUKE SHIOZAKI<sup>†1</sup> YUICHI HASHIMOTO<sup>†2</sup>

### 1. はじめに

日本政府は東日本大震災の発生を契機に、それまでの津波防災対策を見直し、2011年12月に津波防災地域づくりに関する法律を制定した。この法律では、将来同様の地震が発生する可能性が高く切迫性の高いと考えられる地震・津波(L1)、そしてあらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波(L2)という2つのレベルの津波が想定され、さらにハード・ソフト両面の施策を充実させる「多重防御」の防災・減災対策を進める必要性が記載された<sup>[1]</sup>。

現在、南海トラフ巨大地震に伴う津波災害と合わせて警戒されているのが、北海道東北沿岸部で発生が予測されている日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に伴う巨大津波である<sup>[2]</sup>。2022年に北海道が行った被害想定では、最悪のシナリオで死者数14万9千人と算定されている<sup>[3]</sup>。しかし、早期避難を実施することにより、その被害を72.5%減らすことが可能とされているため、津波浸水域からいかに速く遠ざかるかが防災上重要となる。

津波避難に関しては、先行研究から多くの知見が得られている。これら研究の中では、避難訓練視線システムの開発も進められており、大越らは、ユーザが個別に避難訓練を実施し、ログデータを蓄積するとともにメモなどの情報を収集する非同期参加型津波避難訓練システムを開発した

<sup>[4]</sup>。

孫らは、多機能端末が持つGPSにより取得された位置情報と津波シミュレーションデータを用いた避難訓練アプリを開発し、社会実装を通してその評価を行った<sup>[5]</sup>。これによりシミュレーションおよび収集した移動軌跡データをアニメーションで表示することができ、利用者が自身の避難行動を評価する事が可能となった。こうしたトラッキング機能を持つシステムの収集データは、仮想避難訓練の避難行動の妥当性を検証する上で、重要な要素となることが期待される。

避難行動に関しては、奥野・橋本は、集団での避難行動時の特性と、積雪寒冷地における夏季と冬季の避難行動の差異や課題を明らかにした<sup>[6]</sup>。また、集団避難における集団の変化や移動速度の変化などを分析し、行動阻害要因の抽出を試みた<sup>[7]</sup>。

避難訓練は一般的に教育機関や自治体などが実施し、地理的に慣れている身近な地域で行われることが多い。また、避難所の位置やルートを事前に確認していることが一般的である。しかし、旅行中や出張中といった日常空間から離れ、地理的に不慣れな非日常空間での避難行動に関する分析は少ない。災害はこうした非日常空間でも発生する可能性があり、観光客などの避難行動を考慮する上で、非日常空間での避難行動の分析は重要である。

<sup>†1</sup> 星槎道都大学  
Seisa Dohto University, Hokkaido 061-1196, Japan  
<sup>†1</sup> 北海道大学  
Hokkaido University, Hokkaido 060-0810, Japan

そこで、本研究では非日常空間での津波避難実験を行い、参加者の避難行動を GPS ログ及び記録情報から分析し、地理的に不慣れた空間での参加者の避難行動を分析することを目的とする。

## 2. 研究方法及び対象地域

本研究は以下のように進められる。まず、伊達紋別駅周辺をスタート地点として、津波避難実験を実施する。次に、収集された GPS 情報及び映像情報から、非日常空間における避難行動を分析する。最後に、実験前後に実施されたアンケート結果から、参加者の防災意識の変化を見る。

本実験の対象地は北海道伊達市にある JR 伊達紋別駅である（図 1）。伊達市は太平洋沿岸部に位置しており、2023 年 6 月における住民基本台帳に基づく人口は 32,041 人で、その多くが沿岸部に居住している。伊達市の概況令和 5 年度版によると 2022 年度の観光客入込客数は 155.5 万人であり、多くの観光客が訪れていることが分かる<sup>[8]</sup>。周辺に室蘭市や洞爺湖町といった中核都市・観光地が隣接しており、これまで通過型観光地として発展してきた。

北海道太平洋沿岸部は先にも述べたように、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に伴う巨大津波の発生が危惧される地域である。また日本海溝・千島海溝周辺は複数の震源モデルがあり、北海道の津波ハザードマップはこうした複数の震源モデルを統合した津波浸水領域が設定されている。伊達市の中心市街地は太平洋に接しているため、市街地の一部が浸水領域に指定されており、気門別川を境に浸水領域の状況は異なっている。多くの住民が居住し、市街地中心機能を有する気門別川東側は、沿岸部が浸水領域に指定されているものの、海岸線から直線距離にして約 700m 離れた伊達市役所周辺で標高が僅かに高くなるため、浸水領域は海岸線から約 700m 程度までとなっている。

気門別川西側は、国道 37 号線付近に小高い段丘（館山公園）があり、海岸線と館山公園の間に広がる住宅地は、ほぼ全域が浸水想定域に指定されている。この館山公園は標高が約 40m と周辺で最も高いため、津波発生時の避難場所に指定されている。

北海道建設部建設政策局維持管理防災課が公開する太平洋沿岸の津波浸水想定では、伊達市中心市街地地区の海岸線における津波到達予想時間は、最短で津波発生後約 56 分である。伊達紋別駅まで到達するのが約 60 分後となる。津波発生後 30 分から 40 分で到達する函館市や釧路市といった他の太平洋沿岸部に比べると、比較的到達時間が遅い地域となる。また、伊達市は洞爺湖町と隣接しており、災害対策の焦点が有珠山噴火に伴う火山災害に当てられている。



図 1 伊達市避難実験対象地区  
(ハザードマップポータルサイトより作成)

## 3. 津波避難実験概要

津波避難実験は 2023 年 7 月 15 日、北海道大学と星槎道都大学合同の現地実習で実施された。現地実習参加者は教員 2 名、外部研究員 1 名、北海道大学院生 2 名、北海道大学学部生 15 名、星槎道都大学学部生 3 名の計 22 名が参加した。この現地実習は有珠山の西山火口視察を目的とし、太平洋沿岸部を経由して向かう旅程であった。

実験は中継地点である伊達市において、巨大地震に伴う大津波警報が発令されたという想定で実施された。参加者にとって伊達市は、現地実習中に中継した非日常空間であり、こうした非日常空間での避難行動データを収集することが、本実験の目的である。

本実験はまず学生参加者 18 名を 4 つのグループに分けた。そして教員・研究員・院生の 4 名を、各グループの安全確認及びデータ収集を担当する補佐役として 1 名ずつ配置した。4 つのグループは伊達紋別駅周辺の別々の場所をスタート地点とした（図 2）。

A グループ 3 名は伊達紋別駅前に置かれている観光案内版をスタート地点とした。B グループ 6 名は伊達紋別駅の駅舎内をスタート地点とした。C グループ 5 名は伊達紋別駅から 200m ほど離れた気門別川に架かる橋の手前、D グループ 4 名は橋を越えた先をスタート地点とした。避難実験は各スタート地点から、各々のグループが自由に避難行動を行い、自分たちが考える避難先、指定避難場所、津波浸水侵外に到着したところで実験終了とした。また実験時間は 15 分間とした。

参加者全員が GPS 端末を携帯しており、この GPS 端末によって避難行動の軌跡情報を収集した。さらに、各グループの補佐役がビデオカメラにて、避難の様子を撮影した。

これらの情報を元に、避難行動者の行動分析を行う。

今回の実験の特徴は、参加者が実験対象地域の事前情報をほとんど知らされていない点にある。これまでに行われてきた津波避難実験では、スタート地点及び避難ルート、目的地の情報を地図情報で参加者に知らせていた。そのため、参加者は指定された避難ルートを移動することに集中していた。しかし、本実験では事前情報がないため、自分たちで避難場所や避難ルートを決めなければならない、そのための情報収集・思考を行わなければならない。

#### 4. 津波避難実験結果及び避難行動分析

ここからは実験結果を見ていく。まずはGPSの避難行動軌跡情報から見ていく。伊達紋別駅周辺をスタートしたA及びBグループはそれぞれ、最終的には指定避難場所である館山公園入り口に到着した。スタート直後は同じルートを通っていたが、道道779号の交差点で異なるルートを選択した。Aグループは最短ルートを選択し、Bグループは最短ルートから1本外れた道を選択した。撮影された映像を確認し、この行動の違いには、ルート選択時よりも以前の、スタート地点における行動が影響していることが分かった。

Aグループはスタート地点が観光案内版の前だったため、実験開始前の待機時間に、案内板から周辺情報を得ていた。また開始後、Aグループはすぐにスマートフォンを取り出し、周辺のハザードマップを確認し始めた。そこで、館山公園の存在とそこに至るルートを確認したうえで、移動を開始した。その結果、最短ルートを選択できた。

対してBグループは駅舎を出て、周辺状況を目視で確認し始めた。少し移動した時点で館山公園が位置する丘を視認し、そこを避難先とした。しかし進んでいた道と道道779号が交差する地点に信号が無く、信号のある最短ルートを選択した。交差点を渡ったところで、再び来た道に戻り、自分たちが元いた道に戻った(図3)。この横断歩道のある交差点では、少しでも先を確認すると同じように段丘面が確認でき、また館山公園に登る階段も確認できたのだが、そこまで確認しなかったため、元のルートに戻ったと考えられる。

CグループとDグループに関しては、気門別川東側で全く同じ避難ルートを選択した(図4)。Cグループに関しては橋を渡り、Dグループの後を追うような形で避難した。しかしこれらのグループにも目的地決定に関して違いが見られた。Cグループは駅に至るルート上のイオン伊達店を移動中に視認しており、その比較的高い建物であるイオン伊達店を避難先とした。Dグループはまずは、海から離れるという選択を行い、移動中に国道37号線沿線のホテルを視認したため、この建物を避難先とした。ただし、C・Dグループが目指したイオンは、津波浸水領域からは離れて

いるものの、津波指定避難場所ではない。また浸水領域の境界に位置しているため、時間的余裕があるのであれば、より標高の高い場所を目指す必要がある。



図2 グループのスタート地点



図3 実験開始4分後の避難軌跡



図4 実験開始4分後の避難軌跡

CグループとDグループの配置にはもう1つ着目点がある。それは、川が行動阻害要因になりうるのかということである。自身災害発生時、津波被害が心配される場合に、報道各機関は海や川といった場所から離れることを強く勧める。もし川が行動阻害要因になるとするのであれば、Cグループは川から即座に離れる行動をとることが考えられた。しかし、実際には橋を渡るというルートを選択しており、映像を確認しても、川を危険視する行動は見られなかった。このことから、今回の実験地において、川は行動阻害要因とならないことが分かった。

今回の実験では、実験開始から最短で6分、最も遅いグループでも9分で避難場所にとどり着くことができた。今回の実験において、まず視覚的に得られる周辺状況は、避難行動を決める上で非常に重要な要素であることが明らかとなった。特にBグループとCグループは視覚的情報から高い場所を目指した。Aグループに関しては、デジタル地図情報を最初に参照したものの、館山公園に続く階段を視認すると、移動速度が速くなった。Dグループも、最初は「海から離れる」という津波避難の基本原則に則って行動したものの、最終的には視認された高い建物を目指した。逆に言うと、周辺状況の視認性が落ちる夜間や積雪時などは、避難行動が遅れることが危惧される。

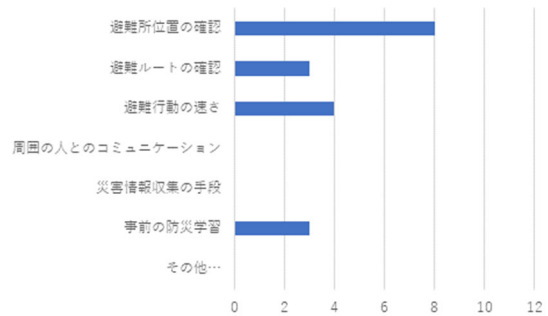
次に、津波避難時に川というのは絶対的な行動阻害要因にはならないということである。あくまで川は積極的に近づくべきでない場所であり、避難行動時に必要であれば、川は渡るものという認識である。アンケート実施結果

本実験の事前事後にアンケート調査を実施した。本章ではその結果を見ていく。まず事前アンケートでは、「避難行動を考える上で最も重要だと思ったことはなんですか?」という問いに対して、「避難所位置の確認」「避難ルートの確認」「避難行動の速さ」「周囲の人とのコミュニケーション」「災害情報収集の手段」「事前の防災学習」「その他」という6つの選択肢を用意した。これに対して、「避難所位置の確認」と答えた参加者が8人と最も多く、次いで「避難行動の速さ」が4人、「避難ルートの確認」が3人であった(図5)。また「災害が発生した際の避難場所は確認していますか?」という問いに対しては、「はい」と答えた参加者が13人、「いいえ」と答えた参加者が5人であった。

逆に「避難行動を考える上であまり重要ではないと思ったことはなんですか?」という質問項目に対して、同様の選択肢を用意した。すると「周囲の人とのコミュニケーション」を選択した参加者が8名と最も多く、次いで「災害情報収集の手段」が4名、「避難ルートの確認」が3名であった。また「避難所位置の確認」も参加者1名が選択した。コミュニケーションに関しては、相談するよりも避難するという意識が働いたのではないかと推察する。災害情報収集の手段に関しても、日ごろからスマホ等で情報を収集することに長けている大学生においては、軽視されることも

理解できる。しかしルートの確認等が軽視されることは意外であった。おそらく、避難所の位置やルート等は、その場においてスマホ等で検索すればいいという思考が働いたのではないかと考えられる。

避難行動を考える上で最も重要だと思ったことはなんですか?



避難行動を考える上であまり重要でないと思ったことはなんですか?

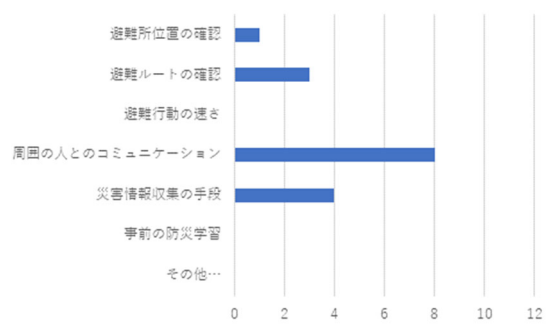


図5 避難実験前アンケート結果

事後アンケートでは上記の項目に加え、「今回の避難体験では、迅速な避難ができたと思いますか?」「避難する際に、グループ内でコミュニケーションはとりましたか?」「今回の現地実習に参加する上で、事前に巡回場所の災害情報を調べましたか?」等の質問項目を追加した。

「今回の避難体験では、迅速な避難ができたと思いますか?」という問いに対しては、16名の参加者が「はい」と答えた。確かに避難軌跡を見ても迷いなどもなく、参加者にとっては理想的な非難ができたと考えられる。「いいえ」を選んだ参加者の選択理由は、「土地勘がなく、どこに避難すれば良いか分からなかったため。」と「見知らぬ土地で、避難場所がどこか分からなかった一応避難先を見つけても、そこから更に動くかどうかの判断が難しかった。」というものであった。

次に「避難行動を考える上で最も重要だと思ったことはなんですか?」という問いに対して「避難所位置の確認」と答えた参加者が9名であり、次いで「避難行動の速さ」が4名であった(図6)。

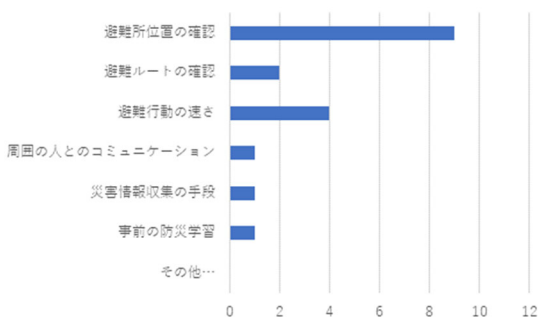
「避難行動を考える上であまり重要でないと思ったことはなんですか?」という問いに対しては「災害情報収集

の手段」が10名と大幅に増えた。これは高い建物が視認できたため、避難時に情報を調べるという必要性が薄く、情報収集プロセスがほとんどなかったことに起因すると考えられる。

逆に事前アンケートに多かった「周囲の人とのコミュニケーション」を選択した参加者は1名であった。これに関連して「避難する際に、グループ内でコミュニケーションはとりましたか?」という質問は、全員が「はい」と答えた。過去に行われた津波避難実験では、事前にルートが設定されており、コミュニケーションをとる必要性がなかった。例えば2018年に釧路市で行われた避難実験のアンケートでは、「避難行動を考える上で最も重要だと思ったことはなんですか?」という質問において、「周囲の人とのコミュニケーション」を選択する参加者は事前事後でむしろ減少した。

今回の実験では、実験開始直後や移動中に避難先を決定するという行動フェーズがあり、その中で集団の意思決定が必要となった。つまり集団避難行動を考える上では、まずこの集団意思決定行動を経て、避難行動に移る。この意思決定時にコミュニケーションが重要であると考えたため、アンケート結果に変化が生じたと考えられる。

避難行動を考える上で最も重要だと思ったことはなんですか?



避難行動を考える上であまり重要でないと考えたことはなんですか?

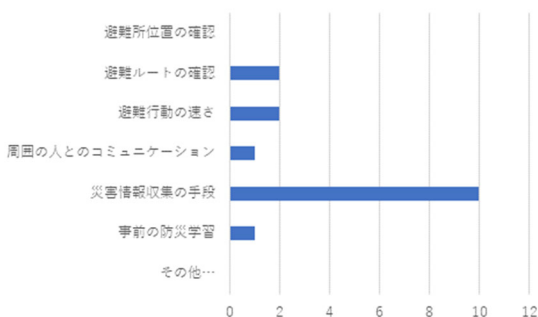


図6 避難実験後アンケート結果

## 5. おわりに

本研究は非日常空間での津波避難実験を行い、参加者の避難行動をGPSログ及び記録情報から分析し、地理的に不慣れた空間での参加者の避難行動を分析することを目的とした。

避難実験で得られたGPS情報から、非日常空間における避難行動者の行動軌跡を把握することができた。今回の実験では、スタート地点から標高の高い場所や、高さのある建物を見つけやすく、非日常空間でも避難行動がスムーズに行われた。非日常空間においては、周辺環境の視認性などがよければ、地理不慣れた避難行動者でも十分に避難行動がとれることが明らかとなった。

避難に際しては、避難場所を決定し、避難ルート選択を行うなどといった避難行動において、グループ毎に差異が見られた。スマホの災害関連情報を参照する、周辺の視覚情報に頼る、あるいはスタート地点までの移動中に得られた周辺の記憶から避難先を決定するなど様々であった。非日常空間における意思決定プロセスを考える上でも重要なデータが取れたと考える。

実験前後に行ったアンケート結果から、非日常空間における避難行動でも、参加者は迅速に避難ができたという意識を持つことが分かった。また事前情報が少なかつたため、実験前後で集団の意思決定におけるコミュニケーションの重要性を再認識する結果が得られた。過去の同様のアンケート結果を見ても、対象地域の状況や避難実験の進め方、フィードバックの有無によって、参加者の避難行動に対する意識の変化が異なるということが見られた。こうした結果は、今後どのように防災・減災対策を行うかということを考える上で、重要な資料となる。

今回の避難実験は、今後の避難実験を考える上で重要なデータが得られた。こうした情報を元に、今後の避難実験を行う上での対象地域の選定及び条件の検討、フィードバックのあり方も含めて再検討していく。

**謝辞** 本研究を進めるに当たり、北海道大学文学部の学部生及び大学院生、星槎道都大学社会福祉学部の学部生のみなさまには調査員としてご協力いただきました。ここに記して深謝いたします。なお、本研究は、建議研究「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画(第二次)」の課題研究「地理空間情報の総合的活用による災害への社会的脆弱性克服に関する人間科学的研究」(代表者:橋本雄一、課題番号:HKD07)及びJSPS 科研費(基盤研究C)「ブラックアウト・ホワイトアウトを考慮した千島海溝地震の津波避難モデル構築」(代表者:橋本雄一、課題番号22K0104002)における成果の一部である。

## 参考文献

- [1] “津波防災地域づくりに関する法律パンフレット” . 1/2  
<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/content/001475754.pdf>  
2/2  
<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/content/001475755.pdf>,  
(参照 2023-7-25).
- [2] “北海道地方の地震活動の特徴” .  
[https://www.jishin.go.jp/regional\\_seismicity/rs\\_hokkaido/](https://www.jishin.go.jp/regional_seismicity/rs_hokkaido/), (参照  
2023-7-25).
- [3] “日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震の被害想定について” .  
[https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/7/7/0/5/6/7/6/\\_/日本海溝千島海溝被害想定.pdf](https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/7/7/0/5/6/7/6/_/日本海溝千島海溝被害想定.pdf), (参照 2023-7-25).
- [4] 大越匡, 米澤拓郎, 山本慎一郎, 中島円, 神武直彦, 栗田治, 中澤仁, 徳田英幸. EverCuate : ユーザ非同期参加型津波避難訓練システム. 情報処理学会論文誌, 2016, vo.57, No10, p.2143-2161.
- [5] 孫英英, 矢守克也, 鈴木進吾, 李葉昕, 杉山高志, 千々和詩織, 西野隆博, 卜部兼慎. スマホ・アプリで津波避難の促進対策を考える: 「逃げトレ」の開発と実装の試み. 情報処理学会論文誌, 2017, vol. 58, no. 1, p. 205-214.
- [6] 奥野祐介, 橋本雄一: 積雪寒冷地における疑似的津波避難に関する移動軌跡データ分析. GIS-理論と応用, 23(1) : 11-20 (2015)
- [7] 奥野祐介, 塩崎大輔, 橋本雄一. 疑似的津波集団避難に関する移動軌跡データ分析. 地理情報システム学会講演論文集, 31 (CD-ROM).
- [8] “伊達市の概況 (令和5年度)” .  
<https://www.city.date.hokkaido.jp/hotnews/files/00001300/00001323/20230605163702.pdf>, (参照 2023-7-25).