

立寄避難に注目した津波避難行動実態の分析

川下 亨¹・谷本 真佑²・南 正昭³

¹ 学生非会員 岩手大学 岩手大学大学院理工学研究科 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田四丁目 3-5)

E-mail: s3221001@iwate-u.ac.jp

² 正会員 岩手大学助教 岩手大学理工学部 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田四丁目 3-5)

E-mail: stani@iwate-u.ac.jp

³ 正会員 岩手大学教授 岩手大学理工学部 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田四丁目 3-5)

E-mail: minami@iwate-u.ac.jp

東日本大震災後、国土交通省都市局により大規模な津波避難行動調査が実施された。避難実態に則した津波避難計画を策定するためには、当時の避難行動を検証する必要がある。本研究では、津波避難行動の時空間上の特徴をつかみ避難実態を明らかにする。

陸前高田市を対象地域として、実際の避難行動データをもとに避難行動を観察し、津波避難行動を分析した。津波避難では、安全地帯まで避難の目的のみで行動している直接避難者と、避難以外の目的でも行動をしている立寄避難者が存在していた。両者の行動には、行動開始時間や避難距離に差異があることが分かった。10分以内に行動を開始した割合をみると、立寄避難者は62%、直接避難者は19%であった。立寄避難は移動距離や標高変化など複数の要因で直接避難よりリスクの高い避難行動となることが分かった。

Key Words: tsunami evacuation, great east Japan earthquake 2011, drop-in evacuees, direct evacuees

1. はじめに

東日本大震災津波によって東北地方は甚大な被害を受けた。街の復興とともに今後の津波被害を減らすための防災・減災への取り組みが各地で行われている。発災時にどのような行動をとることで難を逃れることができるのかを検討するには、当時どのような避難行動をしていたのかを把握する必要がある。国土交通省都市局では震災後に被災者に対してアンケート調査¹⁾を行っており、当時の様子を知る手がかりとなる。また、動画共有サイトなどで津波の被害を伝える動画を閲覧することができる。しかし、アンケート調査の数値情報や映像等の断片的な情報では避難行動の全体像を把握するのは難しい。そこで本研究では時空間上で避難行動の全容をとらえ、津波避難行動の傾向について分析を行う。津波避難行動の実態を明らかにすることで、過去の津波実態に則した避難計画策定の一助としたい。また、リスクの高い津波避難行動を明らかにすることを目的とする。

2. 先行研究

津波避難に関する研究は多方面から行われているが、本研究と関わりが深い分野としては、津波避難のシミュレーション分析、アンケート調査の分析、避難計画の支援がある。

津波避難のシミュレーションに関する研究として、辻原・宮原²⁾は500人程度の学生が参加した避難訓練を調査し、セルオートマトンに基づく方法で解析を行った。さらに、解析結果の3次元アニメーション表示までの手続きが簡便な避難行動シミュレーションシステムを開発している。源ほか³⁾はペトリネットを用いた精度の高い避難シミュレーション手法を開発し避難完了率曲線に基づいた地区の津波避難安全性指標を考察、有用性を検討している。木村・小林⁴⁾は広域津波避難訓練での歩行者行動を分析し、マルチエージェントシミュレーションモデルを構築している。広域避難の場合には、避難が完了しない人がいる可能性があることを示唆した。しかし、これらの研究は避難訓練のデータを再現し、津波避難をシミュレートするものであり、実際の避難行動の再現は行われていない。

アンケート調査の分析に関するものとして、後藤⁵⁾は

津波避難における帰宅行動と立ち寄り行動に着目し、岩手県と宮城県の沿岸主要市町をリアス部と平野部に区分した上で避難行動の分析を行っている。浦田・羽藤⁶⁾は避難完了までの行動と時刻の関係性についての分析を行っており、早く避難する意識を醸成することの重要性を指摘している。森田ほか⁷⁾はアンケート調査データに基づき、地震発生時の所在地や地震直後の行動、移動手段や防災訓練への参加状況等の分析を行っている。これらの避難行動特性を踏まえたシミュレーションを行うことで、人的被害を再現し、防災の効果を分析している。柳原・村上⁸⁾は石巻市本町地区のポスティングアンケートの結果から、避難手段と津波が到達するまでの移動距離を抽出・整理し、避難経路・移動パターンについて分析している。これらに対し、本研究では、移動開始時間と標高について、移動目的別の避難行動の特徴に着目した分析を行った。

避難計画の支援に関するものとして、南ほか⁹⁾、佐藤ほか¹⁰⁾、畑山ほか¹¹⁾、生富ほか¹²⁾の先行研究がある。南ほか⁹⁾は避難経路の高低差に着目し、避難者に生じる負荷に応じた避難場所の選定が必要と述べている。佐藤ほか¹⁰⁾は、まず津波浸水区域外に脱出し、その後1次避難場所に避難するという避難方法を提示している。畑山ほか¹¹⁾は、住民1人1人の避難行動の計画支援を目的としたエージェント技法による避難シミュレーションを取り入れた情報システムの構築を行っている。生富ほか¹²⁾は、大規模な津波避難訓練の住民避難行動を元にシミュレーションを行い、その結果を可視化することにより、防災教育を地域と共働して構築している。

3. 津波避難行動の分析方法

(1) 対象地域

岩手県にある陸前高田市を対象とした。岩手県陸前高田市は、岩手県沿岸部の南部に位置し、総面積232.29km²、人口23,302人（平成22年時点）の市である。浸水面積は岩手県58km²の内13km²と岩手県の中で大き

く壊滅的な被害を受けた。陸前高田市では震災復興において、土地区画整理事業や防災集団移転事業などで土地のかさ上げや道路網の再整備が行われており、避難環境が大きく変化している。

(2) 使用データ

本研究では、国土交通省都市局の「東日本大震災津波被災市街地復興支援調査」¹⁾で得られた復興支援調査アーカイブを使用している。このデータには、避難者一人ひとりの避難経路・移動手段・移動目的・被災時の状況・個人属性等が含まれている。アンケートには性別年齢の他、防災に対する意識についての設問がある。主な回答項目を表-1に示す。なお、これらのデータは生存者の情報のみを扱っていることには留意が必要である。

また、標高を取得するために、国土地理院基盤地図情報¹³⁾の平成26年10月分を使用している。東日本大震災後の標高データではあるが、国土地理院の発表¹⁴⁾によると、陸前高田市の地盤沈下は53cm~84cmと1m以内に収まっているため、分析結果に大きな影響はないものと判断した。

(3) 避難行動の再現

実際の津波避難行動を時空間的に観察するために、実際の避難行動を再現するシステムを作成した。時間経過による津波避難の様子をディスプレイ上に再現すると同時に、対象者の行動目的や個人属性等を参照できる。図-1に再現システムの使用イメージを示す。

本システムでは、津波避難行動を再現するためにExcelファイル形式で保存されたパーソントリップデータを使用する。復興支援調査アーカイブの個人避難経路データ（SHP形式）を本システムにインポートして、Excelファイルに変換をする。このExcelファイルにアンケートの回答データを追加することで、本システムで使用できるパーソントリップデータとなる。

なお、一人ひとりの移動速度は、トリップごとの出発地点から目的地点への所要時間と移動距離から算出している。そのため、各トリップ内は一定の速度で移動しているものとした。

表-1 主なアンケート項目

性別
年齢
移動手段
移動目的
地震発生時は、あなたはどちらにいましたか。
地震の揺れの直後、大津波警報を聞く前にあなたのいた場所に津波が来ると思いましたか。
地震の後、津波が実際に押し寄せてくるまでの間、津波を警戒し避難しようと思いましたが。
あなたご自身は、津波ハザードマップや津波防災マップを見たことがありますか。



図-1 再現システムの使用イメージ

(4) 分析視点

実際の避難行動を再現して時空間上で観察すると、標高の高い場所に一目散に移動している人のほかに、道路を行ったり来たりする等、避難以外の行動をしていると見受けられる人がいた。

そこで、すべての避難行動を「直接避難」と「立寄避難」に分類する。地震発生後から浸水区域を脱出するまでの間に避難の目的のみで行動を行った場合を「直接避難」とし、それ以外の目的での行動を行った場合は「立寄避難」を行ったと考える。アンケート項目に「移動した主な目的」という設問があり、回答項目を表-2 に示す。地震発生から避難完了までに、避難の目的のみで行動（5. 津波からの避難のため、6. 身を寄せる避難所へ行くため）をした場合を「直接避難」とし、避難に結びつかない行動（5, 6 以外）をした場合を「立寄避難」とする。本研究では、直接避難と立寄避難での避難実態の違いを分析する。

表-2 移動した主な目的の回答項目

1	家族・親戚・知人の安否確認（様子見）
2	家族・親戚・知人を探したり、迎えに行ったりした
3	被害の状況の確認
4	避難の用意のため
5	津波からの避難のため
6	身を寄せる避難所へ行くため
7	地震の後片付けのため
8	避難を呼びかけたり手助けするため
9	救助活動のため
10	その他の業務のため
11	その他

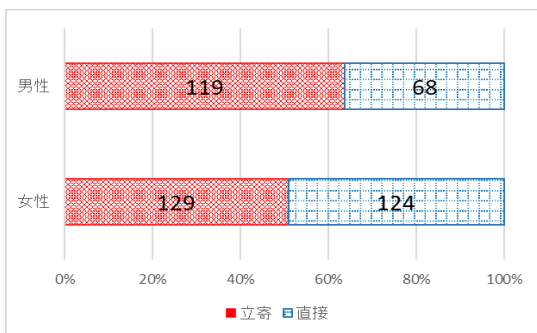


図-2 行動目的と性別の関係

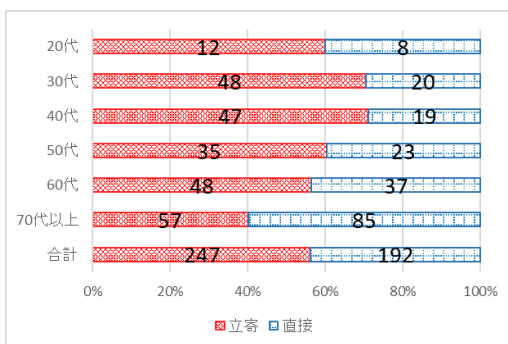


図-3 行動目的と年代の関係

4. 津波避難行動の分析結果

(1) 回答の概要

陸前高田市では 510 人がアンケートに回答している。そのうち、浸水区域内で被災した人は 440 人いる。今回はこの 440 人について分析を行った。浸水区域を脱出するまでに 1 度でも避難以外の目的で行動（立寄避難）をした人は 248 人、避難の目的のみで行動（直接避難）をした人は 192 人である。陸前高田市では 56% の人が立寄避難を行っていた。

(2) 行動目的と基本属性の関係

行動目的と性別、年齢をクロス集計すると図-2、図-3 の結果となった。男性は 63% が立寄避難をしているが、女性は立寄避難と直接避難の割合に差がなかった。

年代別にみると、70 代以上の人は約 60% が直接避難を行っているが、それ以外の年代では過半数が立寄避難を行っている。特に、30 代と 40 代の立寄避難の割合が高く、30 代は 70%、40 代は 71% の人が立寄避難を行っていた。高齢者や女性など体力に自信がない人の方が直接避難をする割合が高いと考えられる。

(3) 行動目的と防災意識の関係

アンケートには「揺れを感じた時、自分がいる場所に津波が来ると思いましたか」や「以前にハザードマップを見たことがありますか」など、津波に対する意識を問う項目がある。これらの項目と行動目的の関係を図-4、図-5 に示す。

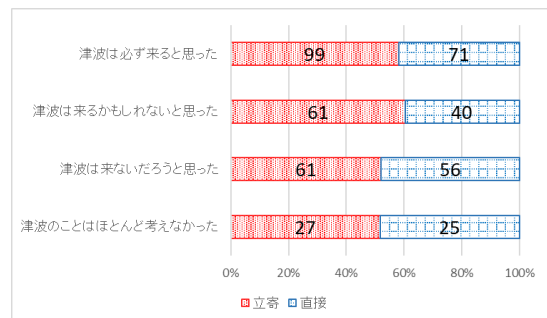


図-4 自分のいる場所に津波が来ると思ったか

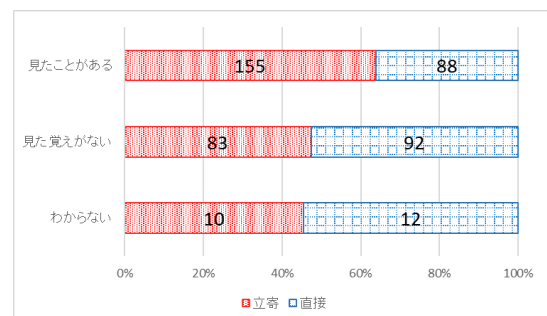


図-5 以前にハザードマップを見たことがあるか

自分がいる場所に津波が来ると思ったかどうかという項目では、すべての回答で立寄避難の割合が高かった。また、「津波は来ないだろうと思った」や「津波のことはほとんど考えなかった」と回答した人は、来ると思った人よりも直接避難の割合が約 7%高い結果となった。

ハザードマップを見たことがあると回答している人は過半数の 64%が立寄避難を行っている。見た覚えがない、わからないと回答している人はどちらも直接避難の割合の方が高い結果となった。

この 2 項目より、防災意識が高い人の方が、津波の到達時間や被害の範囲等を想像できてしまったためにどこかに立ち寄る選択肢が生まれてしまったと考えられる。

(4) 行動目的と標高変化の関係

最初の目的地までの行動のみに着目して、出発地点の標高と目的地の標高の比較を行った。標高の差を「目的地-出発地点」とすると、標高が高い所へ移動した

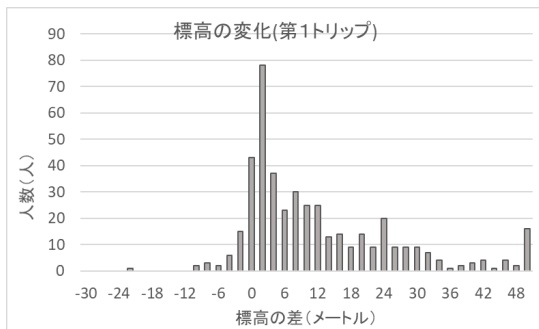


図-6 出発地点と目的地の標高の差の分布図

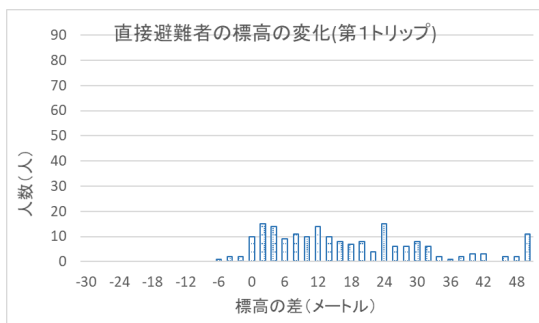


図-7 直接避難者の標高差の分布図

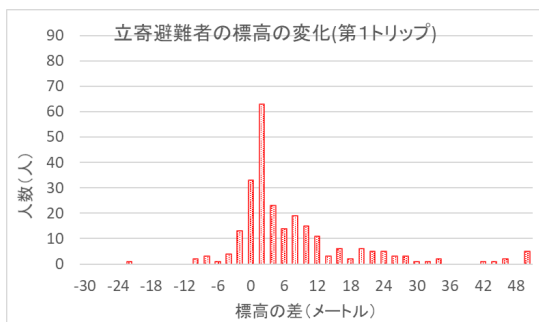


図-8 立寄避難者の標高差の分布図

ときはプラス、低い所へ移動した場合はマイナスの値をとる。図-6 は避難者全体の標高の差を分布図で表したものである。84%は標高が高い場所へ移動しており、7%は出発地点より低い場所へ移動していることがわかる。次に、直接避難と立寄避難に分けて標高の変化を調査した。それぞれのグラフを図-7、図-8に示す。標高の差がマイナスとなっているリスクの高い行動をした人は、直接避難者で 3%、立寄避難者は 10%も存在した。2つのグラフを比較すると、直接避難者の方が全体的に右(プラスの値)にシフトしている。このことから、立寄避難者の移動は標高の変化が少なく、直接避難者はより高い場所へ移動している傾向が強いことがわかった。

(5) 行動目的と移動距離の関係

立寄避難と直接避難別に避難に要した移動距離を算出した。図-9 は直接避難を行った人の移動距離の分布を示している。直接避難では 78%の人が 700m 以内の移動で済んでいる。一方、図-10 は立寄避難を行った人の移動距離の分布を示したもので、700m 以内の移動はわずか 29%となっている。立寄避難では直接避難と比べると、均等に散らばっており移動距離の偏りは見られなかった。

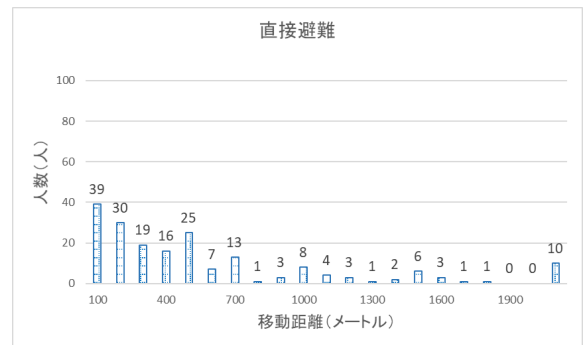


図-9 浸水区域脱出までの距離の分布 (直接避難者)

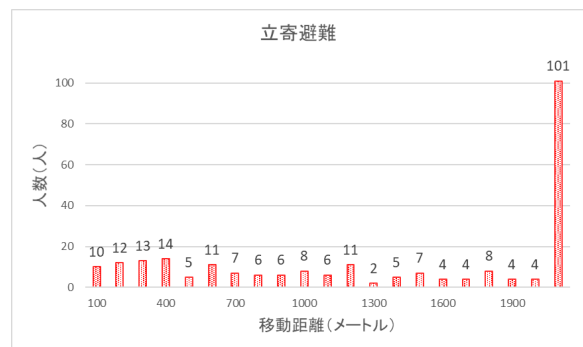


図-10 浸水区域脱出までの距離の分布 (立寄避難者)

(6) 行動目的と移動開始時刻の関係

行動目的ごとの移動開始時間の人数を図-11 に示す。立寄避難を行った人のうち、62%は地震発生後 10分以内に移動を始めている。一方、直接避難者は 15:26 以降に行動を開始した人が 18%存在する。避難以外の行動をするために素早く行動を開始した、行動を開始するまでに時間がかかり直接避難をせざるを得なかった、本研究では生存者データのみを扱っているため遅くに行動を開始した立寄避難者は助からなかった等の要因が考えられる。

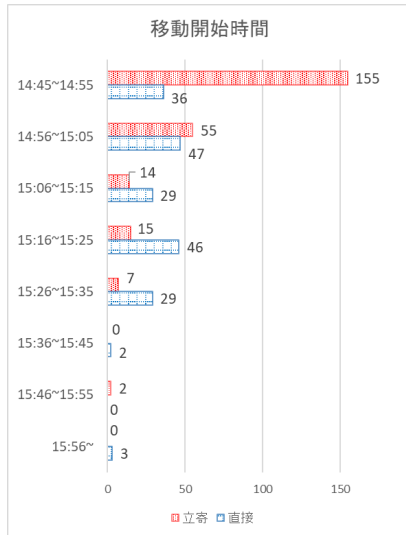


図-11 移動を開始した時間ごとの人数

5. 結論

本研究では、実際の津波避難行動を地図上に再現することで時空間的に避難行動を捉え全体像を把握してからアンケート分析を行うという手法を試みた。避難行動の再現を試みたことで、立寄り行動をしていることや移動開始時間によって行動の傾向が違うことなどアンケートの数値データをもとに分析を行うのとは異なる側面から避難行動実態にアプローチをすることができた。

避難行動の再現をもとに、避難行動を立寄避難・直接避難に分けて分析を行った。浸水区域を脱出するまでの移動距離の分布では、脱出した累積人数が 50%を超えるまでの距離に直接避難と立寄避難で 1,000m もの差があった。また、最初の目的地への移動での標高変化においてリスクの高い行動をした人は、直接避難者 3%、立寄避難者 21%となっている。このことから、移動距離、標高の 2 点において、直接避難者よりも立寄避難者の方がリスクの高い行動をしている割合が多いことがわかった。一方で、移動開始時間においては立寄避難者の方が迅速に行動を開始する傾向がある。移動開始時間のみに着目すると、直接避難者よりも立寄避難者の方がリスクの低

い行動をしていると評価できる。

本研究の成果を踏まえ、他地域での分析を加えることで、地域特性を考慮した津波避難行動の特徴を明らかにすることが今後の課題である。

参考文献

- 1) 国土交通省都市局：東日本大震災津波被災市街地復興支援調査，2011 年 9 月下旬から 12 月末（調査期間）。
- 2) 辻原治，宮原和子：3 次元表示機能を有する簡便な避難行動シミュレーションシステムの開発，土木学会論文 A1，Vol. 69 No. 4，pp. I_366-I_375，2013。
- 3) 源貴志，成行義文，藤原康寛，三神厚：津波避難シミュレーションシステムの開発と地区の避難安全性評価への適用，土木学会論文集 A1，Vol. 65 No. 1，pp. 757-767，2009。
- 4) 木村圭祐，小林健一郎：マルチエージェントシミュレーションによる西宮広域津波避難訓練の再現と考察，土木学会論文集 B1，Vol71 No4，pp. I_1375-I_1380，2015。
- 5) 後藤洋三：東日本大震災津波避難における帰宅行動と立ち寄り行動の影響，日本地震工学会論文集，第 16 巻，第 10 号，2016。
- 6) 浦田淳司，羽藤英二：津波避難時の避難開始時刻に与える事前行動の影響分析-東日本大震災における陸前高田市での避難行動を対象として-，都市計画論文集，Vol. 48 No. 3，p. 807-812，2013。
- 7) 森田哲夫，長谷川弘樹，塚田伸也，橋本隆，湯沢昭：避難行動データに基づく防災対策の効果分析-東日本大震災被災地の石巻市を対象として-，社会技術研究論文集，Vol. 12，51-60，2015。
- 8) 柳原純夫，村上ひとみ：東日本大震災における石巻市内での避難行動-移動パターン・移動距離からの分析-，土木学会論 A1，Vol. 69 No4，pp. I_1013-I_1020，2013。
- 9) 南正昭，中嶋雄介，安藤昭，赤谷隆一：避難経路の高低差が津波避難者に与える負荷に関する基礎的研究，都市計画論文集，No. 40-3，pp. 685-690，2005。
- 10) 佐藤史弥，南正昭，谷本真佑：津波浸水域の脱出に着目した津波避難に関する研究，土木学会論文集 D3，Vol. 73 No. 5，pp. I_241-I_251，2017。
- 11) 畑山満則，中居楓子，矢守克也：地域ごとの津波避難計画作成を支援する津波避難評価システムの開発，情報処理学会論文誌，Vol. 55 No. 5，pp. 1498-1508，2014。
- 12) 生富直孝，浅田拓海，Chawis BOONMEE，有村幹治：避難訓練プローブデータを用いた津波避難計画立案支援ツールの構築，土木学会論文集 D3，Vol. 72 No. 5，pp. I_331-I_339，2016。
- 13) 国土地理院：数値地図（国土基本情報）
- 14) 国土地理院：平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震に伴う地盤沈下調査結果

(Received ????, ????)

(Accepted ?????, ????)

ANALYSIS OF TSUNAMI EVACUATION BEHAVIOR FOCUSING ON DROP-IN FOR AN EVACUATION

Toru KAWASHITA, Shinsuke TANIMOTO and Masaaki MINAMI

After the Great East Japan Earthquake, a national agency conducted a tsunami evacuation behavior survey. In preparation for better tsunami evacuation planning, it is necessary to verify the evacuation behavior at that time. In this study, we clarify the actual situation of evacuation by understanding the spatiotemporal characteristics of tsunami evacuation behavior. The target area is Rikuzentakata City. We analyzed tsunami evacuation behavior by observing evacuation behavior based on actual evacuation behavior data. In tsunami evacuation, there are direct evacuees who act only for the purpose of evacuation to the safe area, and drop-in evacuees who also act for purposes other than evacuation. It was found that there were differences in the start time of action and evacuation distance between the two groups. The percentage of those who started action within 10 minutes was 62% for drop-in evacuees and 19% for direct evacuees. It was found that drop-in evacuation was a riskier evacuation behavior than direct evacuation. This is caused by several factors such as distance moved and elevation changes.