

疑似的津波集団避難に関する移動軌跡データ分析

奥野祐介*・塩崎大輔**・橋本雄一***

An Analysis of Trajectory Data for Group Evacuation Behavior from Tsunami Disaster

Yusuke OKUNO*, Daisuke SHIOZAKI**, Yuichi HASHIMOTO***

This study aimed to identify problems in group evacuations for tsunami disaster, by developing the data collecting system of evacuation behavior log and analyzing the obtained data. The data was collected as evacuation behavior log data using a trajectory data collection system that uses the Global Navigation Satellite System (GNSS) developed for smartphones, and analyzed the data focusing on the time required from start till evacuation of all the groups is complete, using the Geographic Information System (GIS). The collected trajectory data showed problems related to the evacuation of the groups. First, this study collected evacuation behavior log data using this system, which was developed with a smartphone compatible with the Global Navigation Satellite System (GNSS) as a device. Next, it analyzed the time required from the start of evacuation of participants to the arrival at the escape site using the Geographic Information System (GIS). Finally, from the analysis results of the orbital data collected by this system, this study clarified the problems related to group evacuation.

Keywords: 津波 (tsunami) , 移動軌跡データ (trajectory data) , 集団避難 (group evacuation)

1. はじめに

2011年の東日本大震災以降、津波災害からの避難行動についての検討が盛んとなり、多くの研究の蓄積が進んでいる。これまでは、避難行動の研究としては、聞き取り調査や質問紙調査等が主流であったが、近年では、GNSSを用いて避難行動情報を収集する研究が蓄積されており、個人避難では、奥野・橋本(2015)、集団避難では、森田ほか(2015)等の研究が見られる。しかし、GNSSを用いた避難行動分析研究においては、津波や火災等の災害種別ごとの避難行動分析は数多く見られるものの、いまだ複合災害を対象とした研究は稀である。

そこで本研究は、津波災害、津波災害と土砂災害の複合災害を想定した2パターンの避難行動に関する移動軌跡データの収集を行い、複合災害が発生した場合における集団避難行動の課題を明らかにする。そのために、津波災害のみを対象とした避難行動と、津波災害及び土砂災害による複合災害を対象とした避難行動とを比較し、複合災害発生時における課題

を抽出する。これにより、集団避難行動及び複合災害からの避難を検討する際の基礎的な資料の整備に貢献できるものと考えられる。

2. 研究方法

本研究では、集団避難に関する移動軌跡データを収集する。まず、収集対象の集団員全員のスマートフォンに位置情報を取得、送信するアプリケーション(以下「避難ログアプリ」)をインストールする。この避難ログアプリを使用して疑似的な集団避難を行い、移動軌跡データを収集する。

その後、収集した移動軌跡データから抽出した歩行速度を計算し、歩行速度の増減によって発生した集団列の分断箇所を抽出する。集団列の分断は避難の遅延につながるため、その要因を特定し、集団避難時における課題を抽出する。

3. 移動軌跡データの概要

移動軌跡データについては、奥野ほか(2019)で

* 学生会員 北海道大学大学院文学院 (Hokkaido University)
〒060-0810 北海道札幌市北区北10条西7丁目 E-mail: okunoyusuke@eis.hokudai.ac.jp
** 正会員 北星学園大学非常勤講師 (Hokusei Gakuen University)
*** 正会員 北海道大学大学院文学研究院 (Hokkaido University)

収集したものを使用する。データの収集は、北海道稚内市の中心市街地で行った（図1）。稚内市においては、最大11.97mの津波浸水が想定されているほか（北海道防災会議地震火山対策部会地震専門委員会，2017），市街地西部の傾斜地は、土砂災害（特別）警戒区域に指定されている。

データ収集は、2019年6月1日に実施した。収集には、スマートフォン及び避難ログアプリを利用し、位置情報を約5秒間隔で取得した。収集する際には、避難状況を記録するため、集団の前方、中間、後方をビデオカメラ3台体制で撮影した。

調査員は、北海道大学文学部で2019年度前期の地域システム科学演習を受講している大学院生、学部生の全28名である。集団避難は、観光者等が多く集まると想定される「道の駅わっかない」を避難開始地点とし、(1)津波災害、(2)津波と土砂崩れによる複合災害の2ケースを想定し、収集した（図2，3）。(1)については、避難開始地点から最も近い指定緊急避難場所の「稚内総合文化センター」へ向かうものである（約450m）。(2)については、「稚内総合文化センター」へ向かうが、途中で土砂災害が発生しており、避難先を指定避難所の「宗谷経済センター」へ変更して避難を行うものとした（約1,050m）。

収集の際、調査員には、周囲の集団員は考慮せず、各自のペース（移動速度）で避難するように指示した。なお、今回の実験においては、避難ログアプリが動作せず、使用できない集団員がいたため、25データを有効データとした。



図1 稚内市の中心市街地

4. 移動軌跡データ分析

図4，5は、集団の平均歩行速度及び分断発生時のグループ間距離（重心間距離）をグラフ化したものである。グラフ内のグループ1，2は、それぞれ先頭集団、分断して生じた後続集団を表す。図6，7は、集団全体の重心位置と、分断が発生した箇所を地図上に表示したものである。図内の数字は、避難開始からの経過時間（分）である。

(1)の津波災害のみを想定した「稚内総合文化センター」への集団避難時では、避難開始直後に分断状態が見られた。撮影したビデオカメラ映像と照合したところ、歩行速度の遅い集団員が遅れたことによって発生したものであり、図4，6内の地点Aまでには解消していた。地点Aは、工事のために車道に設置された臨時的歩行スペースの入口であり、幅員が狭いことによってグループ1が渋滞し、歩行速



図2 収集データ（津波災害を想定）



図3 収集データ（複合災害を想定）

度が低下したことが分断状態の解消の要因となっていた。そのほかには、分断状態ではないが、地点 B, C, D において大きな減速が見られたが、これらは信号によって停止していたためであった。なお、分断発生時のグループ間距離については、短時間で解消したこともあり、小さい値であった。

次に、(2) の津波災害と土砂災害の複合災害を想定した「宗谷経済センター」への避難においては、図 5、7 内の地点 A での分断発生以降、避難場所に到着するまで分断状態が続いていた。地点 A は、信号が設置された交差点であり、信号によって集団の後半部が停止したことにより、分断が発生していた。

その後、地点 B においてグループ 2 が減速してい

るが、街路樹によって歩道が狭くなっており、列が渋滞したためであった。そのほか、地点 C, D において大きな減速が見られたが、信号による停止、信号がない横断歩道での車両通過待ちによる減速が要因であった。なお、地点 A で分断が発生し、地点 B, C でグループ 2 が信号によって停止して以降、グループ 1 との時間差が縮まることはなかった。

グループ間距離については、先述した A 地点において分断が発生し、地点 C, D の交差点において停止したため、グループ間距離が大きく増大していた。この地点 C, D の交差点における停止のほか、歩道が狭くなる箇所（図 5、7 内の 10 周辺）や道路横断等の際にグループ 1, 2 とともに共通して減速してい

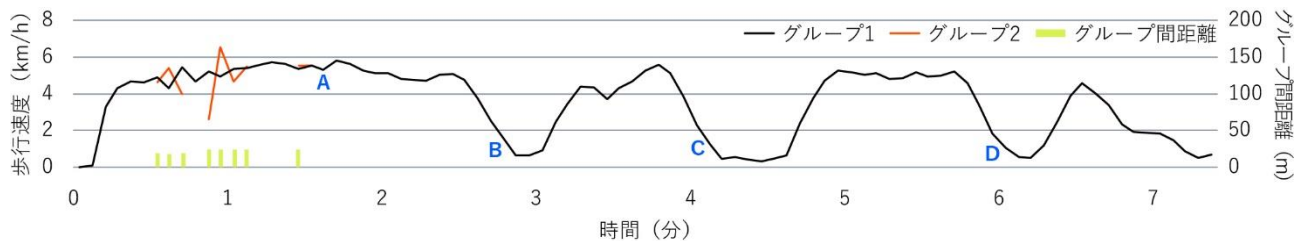


図 4 平均歩行速度及び分断発生時のグループ間距離（津波災害のみ）

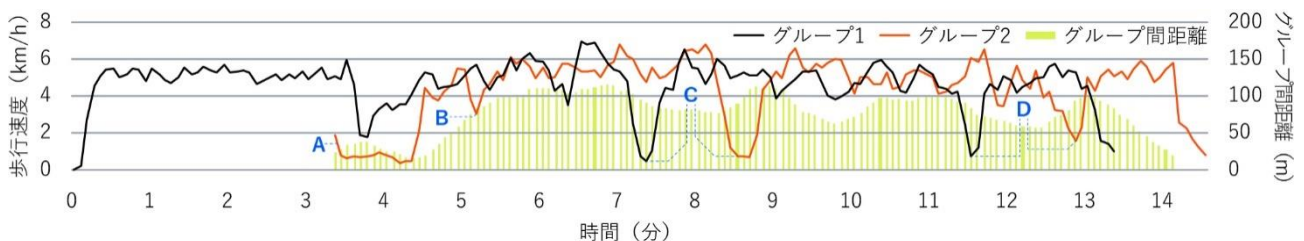


図 5 平均歩行速度及び分断発生時のグループ間距離（複合災害）



図 6 分断発生箇所（津波災害を想定）



図 7 分断発生箇所（複合災害を想定）

たこともあり、グループ1が避難先に到着し、移動を停止するまで50m以上の距離を維持していた。

5. 考察

今回、調査を行った地域においては、地震発生後から津波による影響が見られるまでが最短で6分、第一波が到達するまでが最短で15分という想定となっている（北海道防災会議地震火山対策部会地震専門委員会，2017）。避難には、(1)については7分40秒、(2)については14分30秒を要しており、地震発生直後に避難を開始した場合、(1)の場合は第一波到達まで数分間の猶予が見られるが、(2)の場合、特に分断によって生じたグループ2については、時間的な猶予がほぼ無い状況となっている。(2)の場合、(1)と比べ、より迅速に避難を開始する必要性があるほか、集団の分断が避難を遅延させている可能性が示唆された。今回の分析結果では、信号や車両通過待ちによる停止時に分断が発生しており、これらを避けた避難経路の検討が求められるものと考えられる。しかし、今回のような交差点や交通量の多い道路などが多く見られる市街地の場合、上述の経路検討が困難な場合が想定される。その場合、避難場所の再検討が必要となる可能性も考えられる。

また、今回のデータの収集時には、事前に避難先を決定し、避難先へ誘導していたため、避難先を探すという時間を確保していなかった。そのため、実際には今回の避難時間に加えて避難先を検討する時間が必要となり、津波の襲来に巻き込まれるリスクが高まる可能性がある。避難先の情報を把握していない観光者等が該当すると考えられ、地理不案内な者でも容易に避難先を決定でき、迅速に避難を開始できるような仕組み作りが必要であると推察される。

6. おわりに

本研究では、津波災害と土砂災害の複合災害を想定した移動軌跡データの収集を行い、複合災害が発生した場合における集団避難行動時の課題を明らかにすることを目的とし、集団避難行動に関する移動軌跡データの収集及び分析を行った。

その結果、津波災害、津波災害及び土砂災害によ

る複合災害の2ケースから集団避難時における課題を抽出することができた。特に、複合災害を想定した避難行動については、歩行速度の低下に伴う集団の分断によって避難時間が大幅に増大しており、分断によって生じた後続集団が津波襲来に巻き込まれるリスクが高まっているなど、複合災害からの避難対策検討の必要性が示唆された。本研究は、複合災害からの避難対策検討における基礎資料の整備に貢献できたものと考えられる。

今後は、本研究では行わなかった避難先の決定過程等に加え、より詳細な集団避難行動分析を行うなど、衛星測位技術を用いた避難行動分析研究に寄与していきたい。

謝辞

本研究を進めるに当たり、集団避難に関する移動軌跡データの収集において、北海道大学文学部の学部生の皆様には調査員として、院生の皆様には調査のサポート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、文部科学省「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）」及びJSPS科研費19K01166「千島海溝地震による津波の避難行動モデル化と情報統合システム構築」における成果の一部である。

参考文献

- 奥野祐介・塩崎大輔・橋本雄一（2019）津波と土砂崩れによる複合災害を想定した集団避難行動分析ー北海道稚内市を事例としてー。「地理情報システム学会講演論文集」，**29**（CD-ROM）。
- 奥野祐介・橋本雄一（2015）積雪寒冷地における疑似的津波避難行動に関する軌跡データ分析。「GISー理論と応用ー」，**23**（1），11-20。
- 北海道防災会議地震火山対策部会地震専門委員会（2017）日本海沿岸の津波浸水想定の見直し報告書 平成29年2月。
- 森田匡俊・小池則満・小林哲郎・岩見麻子（2015）小学校における集団避難行動の可視化と改善に関する研究。「地理情報システム学会講演論文集」，**24**（CD-ROM）。