

# 宮城県 松島を対象とした津波避難シミュレーション Tsunami evacuation simulation for Matsushima in Miyagi prefecture

湯浅 玲於奈<sup>1</sup>, 中山 大地<sup>2</sup>, 松山 洋<sup>3</sup>, 市古 太郎<sup>4</sup>  
Reona YUASA<sup>1</sup>, Daichi NAKAYAMA<sup>2</sup>, Hiroshi MATSUYAMA<sup>3</sup>  
and Taro ICHIKO<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 首都大学東京大学院生 都市環境科学研究科

Graduate student, Graduate School of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University

<sup>2</sup> 首都大学東京助教 都市環境科学研究科

Assistant professor, Graduate School of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University

<sup>3</sup> 首都大学東京教授 都市環境科学研究科

Professor, Graduate School of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University

<sup>4</sup> 首都大学東京教授 都市環境科学研究科

Professor, Graduate School of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University

In this study, we conducted simulations of the evacuation behavior from the tsunami under severer conditions than the Great East Japan Earthquake for the coastal area of Matsushima district of Miyagi gun, Miyagi prefecture, by using the network analysis. As a stricter condition than the Great East Japan Earthquake, we assumed that the tsunami hits during daytime of a holiday in the peak season where the target area is considered to be most crowded as a sightseeing spot. As a result of the simulation, we clarified that most evacuees can reach shelters by the arrival of the tsunami, except evacuees in some areas. However, there was a big difference in required time for residents and tourists to reach the shelters. We also made it clear that this result is caused by the difference in the recognition of the landscape between residents and tourists.

**Keywords :** The Great East Japan Earthquake, tsunami evacuation simulation, Matsushima

## 1. はじめに

東日本大震災以降、津波防災に対する関心が非常に高まっている。しかし東日本大震災後に被災地を対象として行われた研究は東日本大震災時の事例を対象としたものが多く、被災地における今後の津波防災、特に津波避難行動を扱った研究は少ない。本研究ではこの点に着目し、東日本大震災の被災地を対象として東日本大震災時よりも更に厳しい条件下で津波が襲来した際の避難行動を検証する。

## 2. 先行研究

津波避難シミュレーションを扱った研究として以下が挙げられる。

渡辺・近藤(2009)<sup>1)</sup>は徳島県の漁村集落を対象地としてマルチエージェントシステムを用いた津波避難シミュレーションを適用し、避難を促す対策行動の効果を比較した。

梅本ほか(2014)<sup>2)</sup>は茨城県神栖市を対象地として、東日本大震災後に公表された最大クラスの津波の浸水想定における避難行動を数値シミュレーションを用いて検証した。また、その際に住民を対象として行ったアンケート調査の結果から得られた住民の避難行動特性を考慮している。

## 3. 対象地域

### (1)対象地域の概要

本研究では道路網を利用して津波避難行動を検証するため、対象地は被災地の中でも既に道路網がある程度整

っている場所でなければならない。このことを考慮し、本研究の対象地として東日本大震災時の被害が比較的軽微であった宮城県宮城郡松島町松島地区を選定した(図1)。



図1 本研究の対象地域

松島町は2011年3月の東日本大震災時には震度6弱の揺れに見舞われ、地震発生から1時間27分後に第一波が襲来し、その27分後には第二波が襲来した<sup>3)</sup>。今回対象とした地区では、住民と約1200人の観光客は全員津波到達よりも前に高台への避難が完了しており、死者・負傷者は0人であったとされている<sup>4)</sup>。この要因としては、地形的要因から津波の高さが比較的低かったことと、発生したのが閑散期(3月の平日)であり観光客が少なかったことが考えられる。

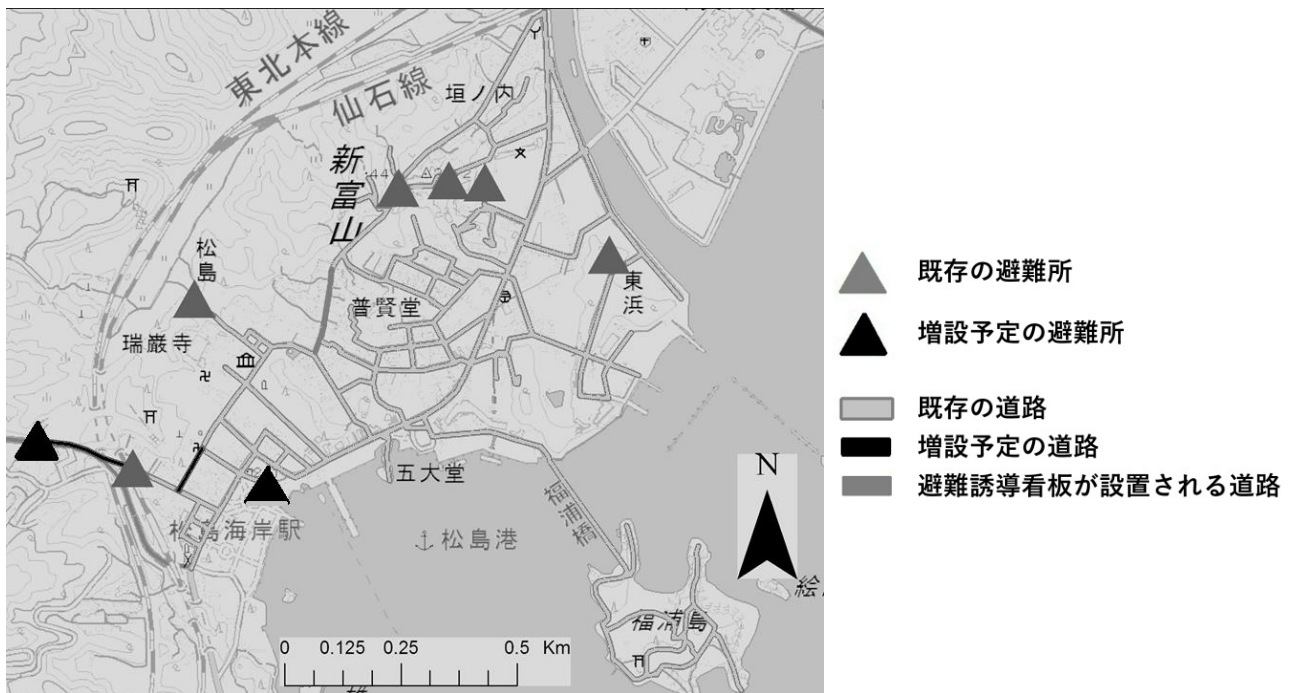


図2 松島町の今後の避難所・避難路の整備予定

## (2)松島町の防災計画

2017年7月に松島町役場環境防災班の職員を対象として松島町の今後の防災計画についてヒアリング調査を行った。その結果、松島町は東日本大震災を受けて防災設備（避難所・避難路・避難誘導看板）を増設している段階であることがわかったため、本研究ではこれらの設備の増設も考慮することとした。増設予定は図2の通りである。

また、松島町は2015年に地域防災計画<sup>5)</sup>を改定し、想定する津波とその対策について「発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な津波を想定し、住民等の生命を守ることを最優先とし、住民の避難を軸に、とりうる手段をつくした総合的な津波対策を確立する。」（松島町地域防災計画<sup>5)</sup>より引用）としており、最大クラスの津波を想定した対策を行っている。

## 4. 研究の方針・研究手法

### (1)研究の方針

対象地区内で防災設備が新設される予定であることを踏まえ、防災設備が新設される前と、防災設備が新設された後の2通りの状況を想定した。また、東日本大震災時よりも厳しい条件として、繁忙期の日中に津波が襲来するという状況を想定した。

対象とする避難者は対象地区内の住民と、地震発生時に対象地区内にいると想定される観光客である。住民は土地勘があるため自宅から最短所要時間で到達できる避難所を予め知っており、避難時にはそこを目指すものとした。観光客は土地勘が無い場合、対象地区内に設置されている避難誘導看板に従って主要な道を通って避難するものとした。また、避難者の年齢によって避難時の歩行速度が異なることを考慮し、避難者の属性を15～64歳と、0～14歳もしくは65歳以上の2種類に分け、それぞれ異なる歩行速度を与えた。この際、東日本大震災後

に国土交通省が被災者を対象として行った調査の結果を利用した<sup>6)</sup>（15～64歳は2.49km/h、0～14歳もしくは65歳以上は1.66km/h）。よって本研究で想定する避難者の属性は4種類であり、更に防災設備の新設前後という2種類の状況を考慮し、本研究で想定するのは全てで8パターンである（表1）。

表1 本研究で想定する8つのパターン

パターン	避難者の属性	防災設備の状況
①	住民(15～64歳)	新設前
②	住民(15～64歳)	新設後
③	住民(0～14歳もしくは65歳以上)	新設前
④	住民(0～14歳もしくは65歳以上)	新設後
⑤	観光客(15～64歳)	新設前
⑥	観光客(15～64歳)	新設後
⑦	観光客(0～14歳もしくは65歳以上)	新設前
⑧	観光客(0～14歳もしくは65歳以上)	新設後

松島町地域防災計画<sup>5)</sup>より、地震発生から最大クラスの津波が到達するまでの猶予は87分と算出されている。また、地震発生から避難開始までの所要時間は、東日本大震災後にウェザーニューズが実施した調査結果<sup>7)</sup>を基に、15分と設定した。よって避難開始から津波到達までの猶予を72分間とした。そして各避難者の避難所要時間を算出し、避難所要時間が72分以内であれば避難成功と定義した。

以上の8パターンそれぞれにおいて各避難者の避難所要時間を算出した後に、避難開始からの経過時間に伴う避難完了率の推移を求めた。避難開始から任意の時間(t分)が経過した時点での避難完了率(%)は以下の式で表される。

$$\text{避難完了率 (\%)} = \frac{\text{避難所要時間が } t \text{ 分以内である避難者の合計人数}}{\text{想定するパターンにおける避難者の総数}} \times 100$$



図3 観光客が通行できる道とその道を通行する際の歩行速度の低下率

## (2)研究手法

本研究の作業はESRI社 ArcGIS Ver.10.3.1を用いて行った。

まず避難者の初期配置を行った。想定するのが休日であるため、住民は全員自宅にいるものとして配置を行った。観光客は松島町役場におけるヒアリング調査時に提供された月別の観光客数データと松島観光協会の情報<sup>4)</sup>を基に、繁忙期の日中を想定して約2万人が対象地区内にいるものとし、面積按分を用いて観光施設やホテル、飲食店街等に配置した。

次に、国土地理院の電子地形図(タイル)を基に住民用・観光客用それぞれの避難経路データを作成した。住民は土地勘があるため対象地区内の全ての道路(図2に示した道路)を通行できる一方、土地勘の無い観光客は主要な道路のみを通行すると想定した。そして観光客の通行する道(図3)はそうでない道と比べて激しい混雑が発生するものとして、これらの道を通行する際は基本的に歩行速度が低下するように設定した。具体的には、図3に示した歩行速度の低下率をデフォルトの歩行速度値に乗じたものを、その道を通行する際の歩行速度とした。図3に示した歩行速度の低下率は、各道の周辺に配置された観光客の数から判断して設定したものである。また、本研究では避難者が混雑を避けるために迂回することは考慮しなかった。

これらの作業の完了後、避難者の配置された場所を起点、避難所を終点として、ODコストマトリックス解析を行った。この解析結果を整理した後に各避難者の避難所要時間のデータを集計し、各パターンにおける避難完了率の推移を求めた。

## 5. 結果と考察

結果をまとめたものが表2、8パターンの避難完了率の推移を示したものが図4である。

### (1)住民が避難する場合

防災設備の新設前後を問わず福浦島(図1)の住民(推定1人)が逃げ遅れるが、その他の住民全員は年齢や防災設備の新設前後を問わず津波到達前に余裕を持って避難所へ到達できる。防災設備が新設されることによって住民の避難所要時間が平均1.2~1.8分程度短縮され

る。

### (2)観光客が避難する場合

防災設備の新設前後や年齢を問わず、福浦島に配置された観光客が全員逃げ遅れる。0~14歳もしくは65歳以上の場合は、福浦島ではない場所に配置された人のうち5人が逃げ遅れる。福浦島以外の場所に配置された観光客は上記の5人を除けば全員が72分以内に避難所へ到達できるが、津波到達直前に避難完了となる人も多い。防災設備が新設されることによって観光客の避難所要時間は1.5~2.2分程度短縮される。

### (3)考察

観光客の避難所要時間が住民と比べて長くなるのは、土地勘が無いために避難誘導看板に従って避難せざるを得なく、その結果混雑している道を通行することを強いられるためだと考えられる。また、本シミュレーションでは避難所の収容力を考慮していない。実際には観光客が道路や避難所の混雑を見て避難経路を変更する可能性があり、それによってこの結果は変動し得る。また、逃げ遅れる人のほとんどは福浦島に初期配置された避難者であるため、福浦島に避難所を建設することができれば逃げ遅れる人数は大幅に減ると考えられる。

## 6. 結論・今後の課題

### (1)結論

本研究では表1の8パターンにおいてArcGISのODコストマトリックス解析を用いて避難所要時間と避難完了率を算出した。本研究によって以下の知見が得られた。

全てのパターンにおいて地震発生時に福浦島以外の場所にいた人のほとんどが避難成功となり、福浦島にいた人は全員逃げ遅れる結果となった。また、避難成功となる住民は全員が津波到達前に余裕をもって避難所に到達できるが、避難成功となる観光客の中には津波到達直前に避難完了となる人も多くいるということがわかった。更に、今回扱った防災設備の新設による効果は各パターンにおける避難所要時間の平均が1~2分程度短縮されたことのみであり、防災設備が新設されることによって津波から逃げ遅れる人数が減ることは無いということがわかった。

表 2 結果のまとめ

パターン	該当する避難者数(人)	津波到達時に避難所に到着している人数(人)	津波到達時に避難所に到着していない人数(人)	最後に避難所に到達する人の避難所要時間(分)	避難所要時間の平均値(分)	防災設備の新設による平均値の短縮分(分)
①	722	721	1	27	14	1
②		721	1	26	13	
③	594	593	1	40	21	2
④		593	1	39	19	
⑤	12018	7499	4519	70	51	1
⑥		7499	4519	70	49	
⑦	7773	4845	2928	69	74	2
⑧		4845	2928	69	72	

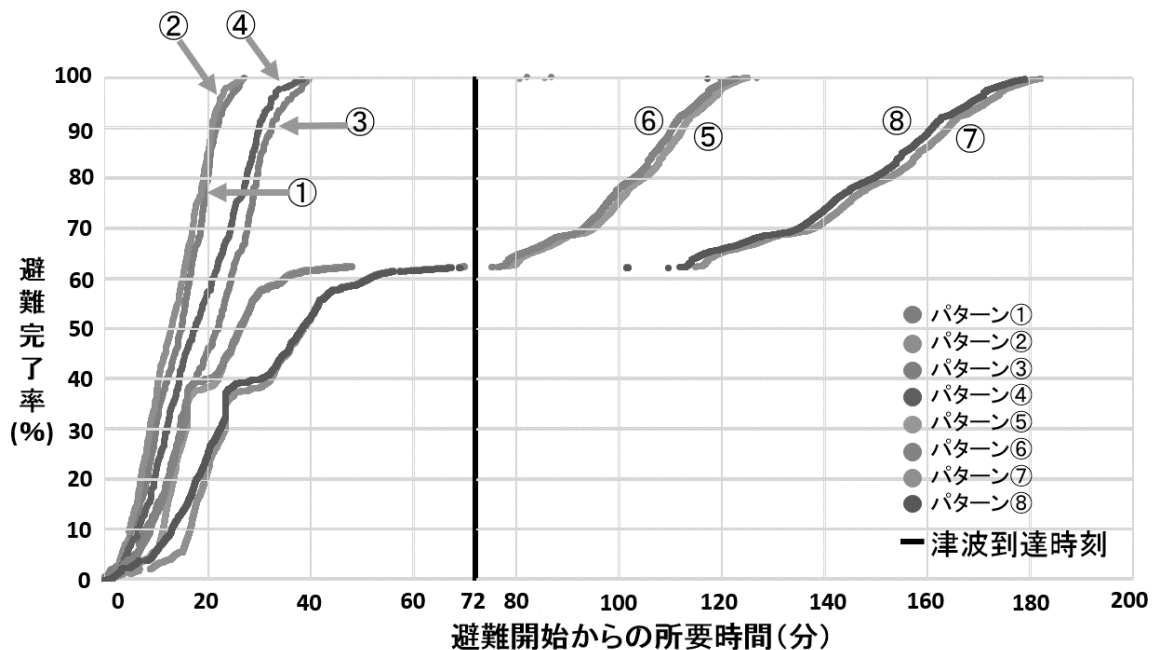


図 4 8つのパターンにおける避難完了率の推移

## (2)今後の課題

本研究ではシミュレーションに必要な客観的なデータの収集が不十分であったため、主観的な判断によりパラメータを決定せざるを得ないことが多かった。今後はこれらについて客観的なデータを加えたり、既存の情報を用いて定量的な評価を行うことで、より客観性のある結果を求める必要がある。また、車を使った避難や、避難所や避難経路の混雑による避難者の迂回等も考慮することで、より現実的な結果が得られるとが期待される。

## 参考文献

- 1) 渡辺公次郎, 近藤光男 2009. 津波防災まちづくり計画支援のための津波避難シミュレーションモデルの開発. 日本建築学会計画系論文集第 74 巻第 637 号
- 2) 梅本通孝, 糸井川栄一, 太田尚孝 2014. 住民アンケートに基づく避難行動特性を考慮した津波避難リスク評価の試みー茨城県神栖市における L2 津波想定を対象としてー. 公益社団法人日本都市計画学会都市計画論文集第 49 巻第 3 号
- 3) 松島町 2012. 東日本大震災における松島町の被害状況等. <http://www.town.miyagi-matsushima.lg.jp/index.cfm/17,5831,c/html/5831/20121128-121839.pdf>
- 4) 松島観光協会 2013. 松島観光の震災と復興. <https://www.iist.or.jp/jp-m/2013/0216-0882/>
- 5) 松島町 2015. 松島町地域防災計画 第五章津波対策化計画. <http://www.town.miyagi-matsushima.lg.jp/index.cfm/6,109,c/html/109/20150611-202848.pdf>
- 6) 国土交通省 2011. 参考資料 13 津波避難実態調査について. [http://www.fdma.go.jp/neuter/about/shingi\\_kento/h24/tsunami\\_hinan/houkokusho/p04-7.pdf](http://www.fdma.go.jp/neuter/about/shingi_kento/h24/tsunami_hinan/houkokusho/p04-7.pdf)
- 7) ウェザーニューズ 2011. 東日本大震災津波調査(調査結果). [http://weathernews.com/ja/nc/press/2011/pdf/20110908\\_1.pdf](http://weathernews.com/ja/nc/press/2011/pdf/20110908_1.pdf)