

沿岸市町村における津波避難手段の検討

佐藤 史弥¹・平井 寛²・南 正昭³

¹学生会員 岩手大学大学院工学研究科社会環境工学専攻 (〒020-8551岩手県盛岡市上田4丁目3番5号)
E-mail:t2513006@iwate-u.ac.jp

²正会員 岩手大学准教授 工学部社会環境工学科 (〒020-8551岩手県盛岡市上田4丁目3番5号)
E-mail:hirai@iwate-u.ac.jp

³正会員 岩手大学教授 工学部社会環境工学科 (〒020-8551岩手県盛岡市上田4丁目3番5号)
E-mail:minami@iwate-u.ac.jp

本研究では、徒歩避難可能地域の人口を定量的に表すことで、津波から避難する際に自動車避難が必要となる地域と自動車避難が適さない地域を検討することを目的とした。また東日本大震災の避難手段と比較することで避難手段のミスマッチが、犠牲者数に影響を与えているかを考察した。その際にハザードマップの予想浸水域と東日本大震災の浸水域の差を考慮した。

Key Words : traffic jams, the great east japan earthquake, tsunami, evacuate

1. はじめに

(1) 背景

津波による人的被害を軽減するためには、津波から避難することが最も重要である。津波から避難する方法の選択が避難者の生死を分けると考えられる。東日本大震災では生存者のうちの半数以上が自動車を使って避難した¹⁾。このことから、国の防災計画²⁾には津波から避難する際は原則徒歩としながらも、やむを得ず自動車で避難せざるを得ない場合は各市町村ごとに自動車ですべて安全に避難する方策を検討しなければならないと明記された。

リアス部にある市町村と平野部にある市町村では地理的条件の違いから、それぞれに適した避難方法も異なることが考えられる。例えば、低地が長く続いている平野部は高台に徒歩で避難することが困難であるため、自動車を用いて避難する方が生存確率が上がる可能性がある。しかし、大勢の人が自動車ですべて避難した場合、渋滞が起きてしまい避難時間が遅れてしまうことも考えられる。徒歩避難困難地域の特定と、自動車避難のルールを各沿岸市町村は検討していくことが求められている。

(2) 先行研究

東日本大震災の被害状況の原因について考察する分析や、避難行動を徒歩や自動車ですべて避難した場合のシミュレーションは数多くなされてきた。

小荒井ら³⁾は東日本大震災の浸水域について国土数値情報の100mメッシュ土地利用データ、土地条件図の地形分類情報などをGIS上でオーバーレイ解析し、津波被害状況と地形や土地利用との関連性を解析した。またこれらの地理的空間情報の解析結果をもとに津波浸水域の地理的特徴を整理した。その結果、建物が流出するような壊滅的な被害は海岸線から近い場所で起こり、海岸線からの距離に影響されることがわかった。また、瓦礫でおおわれる等の破壊がある地域は、概ね標高で決まる結果となった。しかし、小荒井らの研究では建物被害などに注目しており、人的被害には注目していない。

西畑ら⁴⁾は気仙沼市を対象として徒歩避難と自動車避難のシミュレーションと渋滞の評価を行った。その結果、同市内の徒歩避難困難地域を特定し、自動車避難を行った場合の渋滞発生場所が概ね再現できることがわかった。しかし、西畑らの研究は対象地域を気仙沼市のみであり限定的である。広範囲を対象として徒歩避難可能地域の特定や自動車避難の必要性を研究している論文は少ない。

2. 目的

本研究では岩手県と宮城県の沿岸市町村を対象とした。各市町村の浸水域内に存在する人口を要避難人口とし、浸水域内の徒歩避難可能地域の人口を定量的に表すことで、自動車避難が必要となる地域と自動車避難が適さない

い地域を検討することを目的とした。また、実際の東日本大震災の各市町村の避難手段選択割合と比較して、徒歩で避難できる地域なのにもかかわらず、自動車を用いて避難してしまうといった避難手段のミスマッチが、犠牲者数に影響を与えているかを考察した。

3. 分析方法

(1) 分析概要

本研究では4つの分析を行った。1つ目は徒歩避難可能地域を特定する分析、2つ目は復興支援調査アーカイブ⁵⁾の避難手段の集計、3つ目は市町村ごとに渋滞の危険性の評価、4つ目はハザードマップで予想されていた浸水域内の人口と要避難人口の差を定量的に表す分析である。

まず、徒歩避難可能地域を特定する分析によって、地域ごとに徒歩避難可能人口と徒歩避難困難人口の割合を示した。その割合を復興支援調査アーカイブの避難手段の集計結果と比較することで各市町村に避難手段のミスマッチがあるかを検討した。

また、避難手段のミスマッチが犠牲者にどのような影響を与えたかを見るために、渋滞の危険性の評価をおこなった。犠牲者への渋滞の影響を見る際に、ハザードマップで予想されていた浸水域と東日本大震災での浸水域の差が犠牲者数に大きな影響を与えている可能性があるためハザードマップで予想されていた浸水域内の人口と要避難人口の差が、犠牲者数に影響を与えているかを考慮しつつ考察を行った。

また、リアス部では、同じ市町村内でも浜ごとにコミュニティが存在し、そのコミュニティで徒歩避難可能地域が違う可能性があるため、この2つの分析をする際は浜ごとに浜IDを設定し市町村を分割して分析を行った。

(2) 徒歩避難可能地域の特定

Arc GISのNetwork Analystを用いて徒歩避難困難地域の特定を行った。平成22年度国勢調査の500m人口メッシュ⁶⁾を東日本大震災の浸水域でくり貫いた。メッシュの1部がくり貫かれているところは面積割合で按分してその合計値を要避難人口とした。浸水域内の500mメッシュの重心を出発地点とした。また、浸水域内にある500mメッシュの重心を避難開始地点とした。国土数値情報ダウンロードサービス⁷⁾の標高・傾斜5次メッシュデータの重心で東日本大震災の浸水域外1km以内にある平均標高20m以上のポイントを高台とした。また国土数値情報ダウンロードサービスの避難施設のポイントデータの中で東日本大震災での浸水域外にある避難施設とし、

表-1 最大波到達時間

リアス部		平野部	
市町村名	時間	市町村名	時間
洋野町	16:32	石巻市	15:26
久慈市	16:21	東松島市	15:29
野田村	16:10	松島町	15:31
普代村	16:59	利府町	15:33
田野畑村	15:48	塩竈市	15:34
岩泉町	15:37	七ヶ浜町	15:36
宮古市	15:26	多賀城市	15:38
山田町	15:24	仙台市	15:40
大槌町	15:22	名取市	15:42
釜石市	15:21	岩沼市	15:44
大船渡市	15:18	亘理町	15:46
陸前高田市	15:20	山元町	15:48
気仙沼市	15:22		
南三陸町	15:24		
女川町	15:27		

高台と避難所をゴール地点と設定した。道路網は国土地理院の数値地図(国土基本情報)を用いた。Arc GISのNetwork Analystの最寄施設の検出で解析を行うと出発点から最寄の避難所もしくは高台までの最短の避難ルートと距離が算出される。その距離と徒歩避難速度¹⁾(東日本大震災での徒歩避難の平均速度2.65km/h)から避難時間を求めた。避難時間に避難準備時間15分を足して避難完了時間とした。本研究では避難完了時間が45分以上かかる場合を徒歩困難とし、その出発点となった重心ポイントのメッシュを徒歩避難困難地域とした。

(3) 避難手段の集計

復興支援調査アーカイブの東日本大震災時の行動をトリップごとに移動方法と移動目的を示したデータから最大波が来る前までの移動目的が避難となっているトリップを避難行動とし、各市町村ごとに移動手段割合を自動車、徒歩、その他で集計した。また2回以上避難行動を行った人に関しては最大波が来る直前に行った避難行動を対象とした。

津波の各市町村での到達時間が正確にわかる市町村は東北地方では、八戸市16:57、宮古市15:26、釜石市15:21、大船渡市15:18、石巻市鮎川15:26、相馬市15:51のみである⁸⁾。そこで最大波の到達時刻が分からない市町村は、津波の到達時間が連続的であると仮定して最大波到達時刻がわかる市町村から均等に時間を分配して表-1のようになるものとした。

(4) 渋滞の危険性の評価

本研究では、空間的集中と時間的集中という2点から簡易的ではあるが各市町村での渋滞の評価を行った。本章第2節で求めた避難ルートを通り避難開始地点のメッ

シユ人口全員がその避難ルートを避難するものとして、前節で求めた東日本大震災での避難選択割合、各市町村の乗用車保有台数、総人口から各道路リンクを通過する避難車両の台数を算出した。各道路リンクで40台以上避難車両が通過している箇所を渋滞の起こる可能性のある頻繁に使われる道路として浜別に集計し、空間的集中の指標とした。この値が高ければ高いほど、通過頻度の高い道路が多く存在していることがわかる。

また時間的集中の指標としては、各避難開始地点からの避難完了時間のばらつきを見るために、各浜ごとに避難時間の標準偏差を求めた。標準偏差が少なければ少ないほど避難時間にばらつきが無く避難時間が集中しているといえる。

空間的にも時間的にも集中している地域は、避難者が同じ時間帯に同じ道路を通り、渋滞が起きやすい非常に危険な可能性の高い地域といえる。空間的には集中しているが時間的に集中していない地域は、同じ道路を何回も避難車両が通過するが、道路リンクの通過時間には時間差がありスムーズに通過できる。しかし、1度渋滞が起きてしまうと、渋滞が解消されずに危険である可能性の高い地域と言える。空間的には集中していないが、時間的に集中している地域は、避難車両が集中する道路は少ないが、避難車両が少しでも増えてしまうと避難時間が集中しているため、渋滞が起きる危険性が高く自動車を利用して避難することが適切ではない地域となる可能性がある。空間的にも時間的にも集中していない地域は、渋滞の可能性のない他の地域に比べて安全な地域であるといえる。

(5) 予想浸水域と現実の浸水域の差

東日本大震災以前の岩手県⁹⁾と宮城県¹⁰⁾のハザードマップには、平成16年に作成された想定宮城県沖連動地震による予想浸水域が用いられていた。両県のハザードマップをArc GIS上に投影し、浸水域の部分をかたどり予想浸水域とした。予想浸水域と東日本大震災での浸水域が重なっている部分の人口を求めカバー人口とした。カバー人口を要避難人口で除し、カバー人口割合を求めた。カバー人口割合と要避難人口に対する犠牲者の割合を比較することでハザードマップと東日本大震災での浸水域の差を考慮した。

4. 分析結果

(1) 徒歩避難困難地域の特定

表-2は徒歩避難困難人口の割合を各浜ごとに示している。表-2を見ると、リアス部では各市町村は概ね徒歩で避難することが可能であることがわかる。平野部は徒歩避難困難人口の割合が高くなっている。

(2) 避難手段の集計

図-1は東日本大震災での生存者の避難手段選択割合を示しており、図-2は東日本大震災での生存者の避難手段選択数を示している。市町村ごとに度数に差があることがわかる。また、全体的に自動車を使用して避難している人が多く特に亘理町や山元町で顕著に現れている。

(3) 渋滞の危険性の評価

図-3は横軸に時間的集中を表しており、縦軸は空間的集中を表している。また、図-4は図-3の左下を拡大した図である。ほとんどの市町村は左下にあり、空間的には集中していないが、時間的に集中している地域である。また、空間的にも時間的にも集中する地域は無かった。

表-2 徒歩避難困難人口

リアス部		平野部	
浜 ID	徒歩避難困難人口割合 (%)	浜 ID	徒歩避難困難人口割合 (%)
洋野町 35071	0	石巻市 42021	32.64
久慈市 32071	0	東松島市 42141	43.03
野田村 35031	0	松島町 44011	1.26
普代村 34851	0	利府町 44061	0
田野畑村 34841	0	塩竈市 42031	0.06
岩泉町 34831	0	七ヶ浜町 44041	1.51
宮古市 32021	0	多賀城市 42091	7.40
宮古市 32022	0	仙台市 41001	63.93
山田町 34821	0	名取市 42071	94.96
大槌町 34611	0	岩沼市 42111	98.10
釜石市 32111	0	亘理町 43611	97.12
釜石市 32112	1.56	山元町 43621	81.45
釜石市 32113	0		
大船渡市 32033	0		
大船渡市 32032	0		
大船渡市 32031	0		
陸前高田 32101	0.01		
気仙沼市 42051	5.65		
気仙沼市 42052	4.88		
石巻市 42022	0.69		
南三陸町 46061	0		
女川町 45811	0		

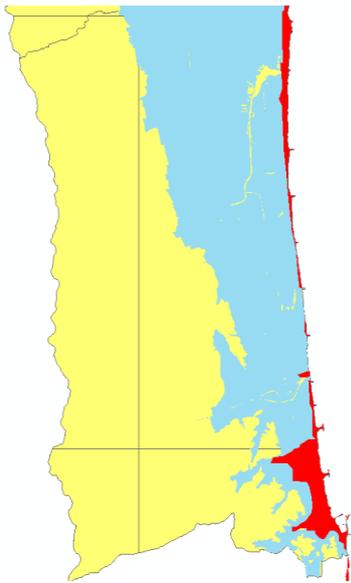


図-5 予想浸水域と東日本大震災の浸水域の差

(4) 予想浸水域と現実の浸水域の差

図-5は、赤色がハザードマップから作成した予想浸水域、水色が東日本震災での浸水域をあらわしている。東日本大震災の津波が想定を大きく超えていたことがわかる。図-6は横軸にカバー人口、縦軸に要避難人口に対する犠牲者の割合を各市町村ごとに示している。また表-3は各市町村の犠牲者数を示している。石巻市が犠牲者数では最も多いが、要避難人口に対する犠牲者の割合を見てもと女川町が最も多くなった。

5. 考察

表-2を見ると、リアス部では徒歩避難困難人口がほぼ0であり、平野部に行くにつれて徒歩避難困難人口が増えている。図-1でも同じような傾向があり、リアス部では徒歩避難人口が多く、平野部では自動車避難が多い。

リアス部の沿岸市町村の東日本大震災での避難手段選択割合で、自動車を使って避難してる人の割合が徒歩避難困難人口に比べて高くなっていることもわかる。また、図-3ではリアス部の全ての沿岸市町村は図の右下に位置しており、自動車避難が適さない地域であることがわかる。このことから、リアス部の沿岸市町村では避難手段のミスマッチが起きていた可能性がある地域が多いことがわかる。

平野部の沿岸市町村は東日本大震災での避難手段選択割合と徒歩避難困難人口割合が比較的あっているところが多くなった。図-3では、ほとんどの沿岸市町村は右上に位置しており、1度渋滞してしまうと渋滞が解消されず危険である可能性が高い地域となっており、山元町と亘理町のように予想浸水域カバー人口割合がほぼ同じで、徒歩避難困難人口割合と東日本大震災での避難手段選択割合が比較的あっているにもかかわらず、犠牲者数に差が出ている地域は、自動車で避難する際に渋滞が起きて避難時間が遅れた可能性がある。

また、石巻市の東日本大震災での避難手段選択割合は徒歩と自動車が同程度となっているが、これは石巻市がリアス部と平野部が混在する市であるが、避難手段の集計を市町村単位で行ってしまい、浜IDごとには行わなかったため地域差が出なかった。石巻市内の浜IDが石巻市

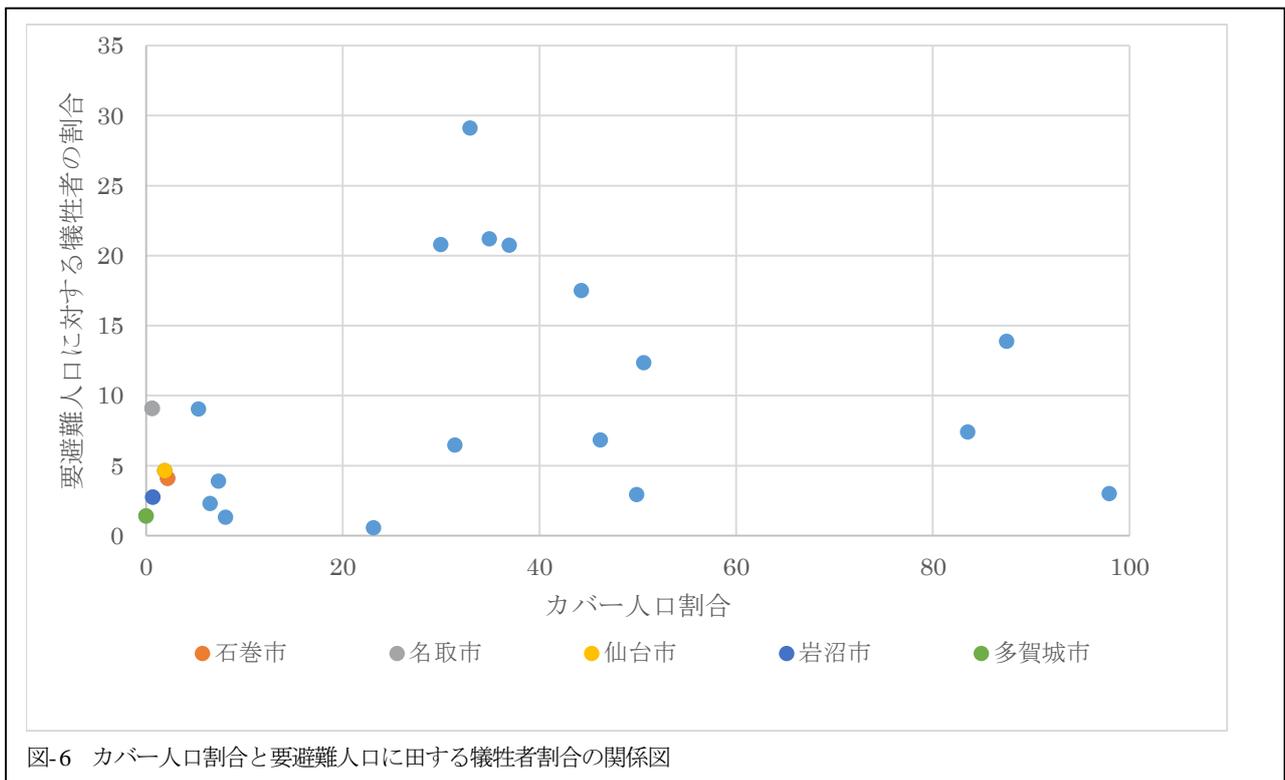


図-6 カバー人口割合と要避難人口に対する犠牲者割合の関係図

42021は平野部であり、石巻市42022はリアス部となっている。表-2の徒歩避難困難人口割合を見てもわかるとおり、石巻市42021では徒歩避難困難人口が多くなっている。

最後に、予想浸水域と東日本大震災での浸水域の人口割合の差だが、統計的には相関は見られなかったが局地的にはこのハザードマップの差が関係していると考えられる。カバー人口割合よりも要避難人口に対する犠牲者数が多かった、名取市、仙台市、岩沼市、多賀城市、石巻市、山元町は予想浸水域にいる人口よりも犠牲者のほうが多い市町村となっている。

6. おわりに

(1) 結論

徒歩避難可能地域を特定する分析によって、リアス部の市町村は概ね徒歩避難が可能である地域であることがわかった。また平野部では徒歩避難困難地域が多いことが判明した。また東日本大震災での避難手段を集計し、徒歩避難可能人口の割合で比較したところ、多くの市町村で自動車で避難した割合が高く、徒歩で避難可能なにもかかわらず自動車で避難するという避難手段のミスマッチが起きていることがわかった。また渋滞の危険性があったか評価したところ、リアス部は避難車両が増えしまうと渋滞が起きやすい地域であることが判明し、平野部では1度渋滞してしまうとなかなか渋滞が解消されない危険な地域である可能性が高い。予想浸水域と東日本大震災の浸水域の差を比較したところ、統計的には相関は見られなかったが、局地的には影響を及ぼしている可能性があるため、今後検討していかなくてはならない。

(2) 今後の課題

本研究では、徒歩避難困難地域を定量的に求めるために、平成22年度国勢調査の人口500mメッシュを用いたが、500mメッシュでは分析が粗い。また避難者の年齢や性別などの個人属性も考慮していないため、今後はこれらのことを考慮して分析を進めていきたい。東日本大震災での避難行動の集計を浜IDごとに行いより地域差を考慮した分析を行いたい。最後に、渋滞の評価を本研究のような簡易的分析ではなく交通容量などを考慮したうえで正確に渋滞の起こる箇所を推定できるようにしたい。また、予想浸水域と東日本大震災での浸水域の差が犠牲者にどのような影響を及ぼしたか、今後も検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 内閣府：防災対策推進検討会議津波対策検討ワーキンググループ第5回会合,2012
- 2) 内閣府：防災基本計画,2014
- 3) 小荒井衛，岡谷隆基，中埜貴元，神谷泉：東日本大震災における地理的特徴，pp.97-111，国土地理院時報 No.122，2011.
- 4) 西畑剛，森谷陽一，安野浩一郎，今村文彦：津波からの避難車両のモデル化と渋滞等の評価，pp.1316-1320，土木学会論文集(B2)(海洋工学) VoL.68 No.2 2012
- 5) 復興支援調査アーカイブ：<http://fukkou.csis.u-tokyo.ac.jp/>
- 6) 統計 GIS：<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/toukeiChiri.do?method=init>
- 7) 国土数値情報ダウンロードサービス：<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gmlold/index.html>
- 8) 国土交通省：<http://www.mlit.go.jp/>
- 9) 岩手県：<http://www.pref.iwate.jp/>
- 10) 宮城県：<http://www.pref.miyagi.jp/>