

避難行動特性を考慮したシミュレーション分析に基づく被害軽減方法の提案 - 東日本大震災を対象として -

群馬工業高等専門学校 環境都市工学科 学生会員 ○長谷川弘樹
群馬工業高等専門学校 環境都市工学科 正会員 森田 哲夫
横浜国立大学 理工学部建築都市・環境系学科 藤井 美久

1. はじめに

(1) 研究の背景・目的

東北地方太平洋沖地震で発生した大津波により、東北地方の太平洋沿岸部の地域で大きな被害が出た。この地域はリアス式海岸部が続いており、過去にも津波によって甚大な被害を受けた。そのため、今後発生が予想される地震津波被害を軽減する対策が必要であり、発生時の備えが重要視されている。

本研究では、東日本大震災津波避難合同調査団が行ったアンケートの回答結果から今回の津波からの避難行動特性を考慮してシミュレーション分析をし、その結果から地震津波による被害軽減方法の提案することを目的とする。

(2) 本研究の位置づけ

既存研究には浸水計算と避難シミュレーションを行い、その結果から津波避難を考慮したまちづくりを提案した藤井・森田らの研究¹⁾がある。

本研究では、藤井・森田らの研究をもとに対象地域の範囲を広げるとともに、避難行動特性を考慮して避難シミュレーションを行う。避難行動特性を考慮し、実際の避難行動に近づけた分析が可能になる。

2. 対象地域の設定

対象地域は宮城県石巻市である。人口総数は160,826人、面積は555.78km²である²⁾。東日本大震災による被害状況は、死者数3,182人、行方不明者数553人、浸水範囲面積73km²である（平成24年3月11日現在）³⁾。人口に対する死者・行方不明者数割合は2.3%、推定浸水域にかかる人口割合は69.8%³⁾⁴⁾と高いことがわかった。

キーワード 東日本大震災、津波、石巻市
連絡先 〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町580
群馬工業高等専門学校環境都市工学科
TEL 027-254-9179
E-mail:tmorita@cvtl.gunma-ct.ac.jp



図 - 1 石巻市

3. 避難行動特性分析

(1) 分析に用いるデータ

生存者の避難行動特性の分析に用いるデータは、東日本大震災津波避難合同調査団（約30名）が2011年10月から12月までの期間で避難所・仮設住宅・被災域周辺住宅などをヒアリング・ポスティングによって得られたアンケートの回答である。アンケートの内容は、年齢・性別・職業などの個人属性、過去の津波被災や日常の備え、今回の津波からの避難行動、今後の居住意向などに関する問が設定されている。分析方法は、アンケート回答者の個人属性・回答内容を調べるための単純集計による分析、個人属性と他の項目の関連を調べるためのクロス集計による分析である。

(2) 分析結果

アンケート結果から個人属性との関連を調べるためにクロス集計したものが図-2、3である。

図-2は年齢と避難開始までの時間の関係を示している。30代と40代を境目にして地震発生から避難開始までの時間が40分より短いということがわかり、年齢が大きくなるにつれて避難開始までの時間が早まっていることも表れた。

図-3は年齢と避難時の交通手段の関係を示している。各年齢階層とも自動車を運転あるいは同乗して避難したと答えた人の割合が多いことがわかる一

方で、30 代から 60 代の回答では自転車に乗って避難したと答えた人の割合が多いこともわかった。

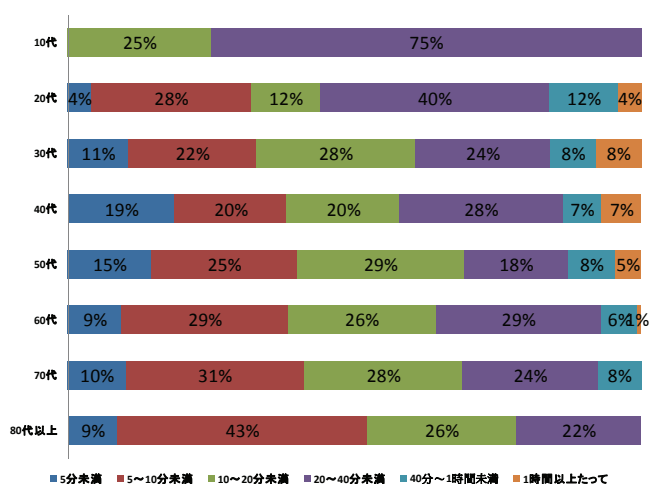


図 - 1 年齢と避難開始までの時間

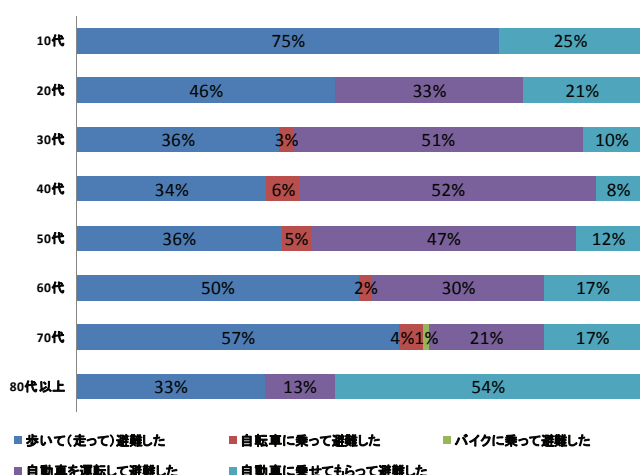


図 - 2 年齢と避難交通手段

4. 避難シミュレーション

4.1 シミュレーションで考慮する項目

避難シミュレーションでは津波により家屋が全壊した範囲⁵⁾を浸水域とし地震発生から避難開始までの時間、避難交通手段別速度、津波が到達するまでの時間をもとに、移動可能距離と浸水域外までの距離を比較して避難できたかを判定する。浸水域外までの距離とは各町丁大字の重心から設定した浸水域までの直線距離を補正した距離とした。設定した浸水域を図-4、避難距離の設定方法を図-5、避難シミュレーションの方法を図-6に示す。

避難シミュレーションでは現況再現のため昼間の人口配置で行った。昼間の人口配置は未就学、設定した浸水域にかかる学校の生徒数、常住地または自宅での労働者、高齢者の合計とした。津波による犠牲者は設定した浸水域内の避難しなかった人と避難

できなかった人の合計とし、0～14歳までの15歳未満、15～64歳までの一般、65歳以上の高齢者とした。避難しなかった人は、東日本大震災津波避難合同調査団の調査資料⁶⁾により設定した浸水域の5%の人口とした。

分析単位は町丁・大字とし、浸水域と重なっている一部の町丁・大字については面積比で分割した。

避難時の交通手段は徒歩、自転車、自動車とした。避難交通手段割合は徒歩 38%、自転車 3%、自動車 44%であり、避難交通手段別速度は徒歩(15歳未満)58.7m/分、徒歩(15歳から64歳)79.6m/分、徒歩(65歳以上)58.3m/分、自転車 106.7m/分、自動車 150.0m/分⁷⁾とした。また、自動車の混雑時の一般国道の避難交通手段速度は国土交通省の道路交通センサスから 358.3m/分⁸⁾とした。避難交通手段分担率を図-7、避難交通手段別速度を表-1に示す。

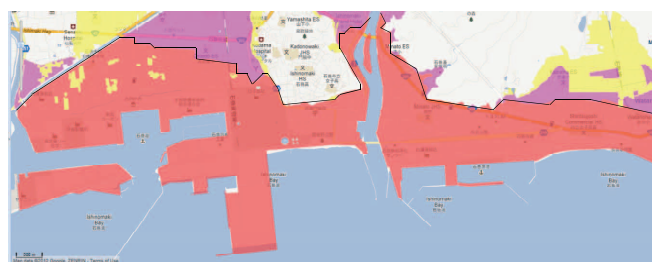


図 - 4 設定した浸水域

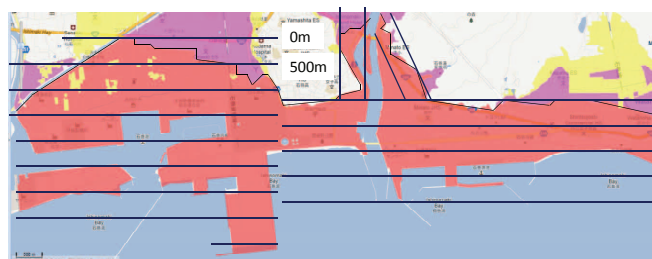


図 - 5 避難距離の設定

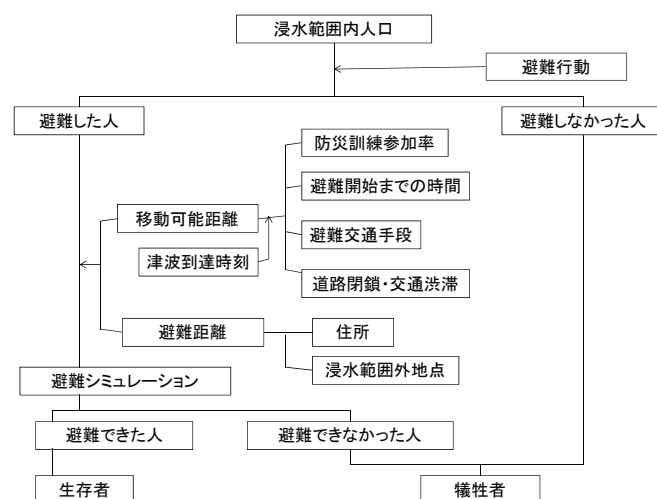


図 - 6 避難シミュレーションの方法

表 - 1 避難交通手段別速度

交通手段	速度 m/分
徒歩	15歳未満 58.7, 一般 79.6, 高齢者 58.3
自転車	106.7
自動車(一般)	150
自動車(混雑時の国道)	358.3

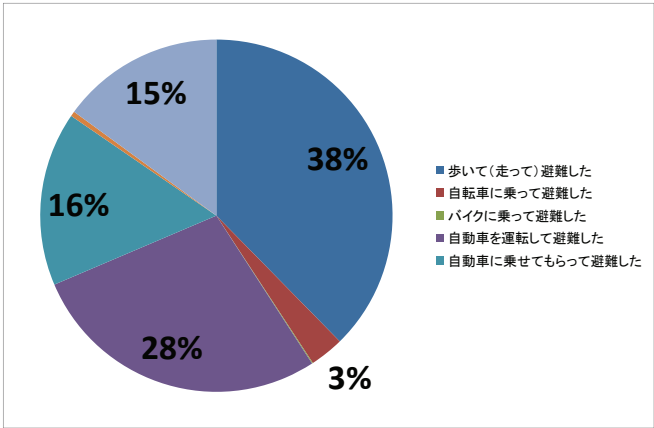


図 - 7 避難交通手段分担率

4.2 ケース設定

シミュレーションでは避難した人に対してケースを設定し、ケースごとの犠牲者数を比較する。その設定したケースを表-2に示す。ケース1は夜間に津波が発生し、設定した浸水域内の人口が避難しなかったケースである。ケース2は昼間に津波が発生し、東日本大震災による被害状況を再現するケースである。ケース3では、図-8に示すように東日本津波避難合同調査団の調査資料から避難開始までの時間を短縮したケースであり、避難訓練の強化した場合を検証する。東日本大震災による津波で避難した人のアンケート結果を実績とし、避難開始までの時間は平均19.5分後であった。また、アンケートで毎年避難訓練に参加していると答えた人の避難開始までの時間を集計したものを避難訓練ありとし、避難開始までの時間は平均16.4分後であった。ケース4では避難ビルを設置した場合であり、石巻市の都市基盤復興基本計画図案⁹⁾から浸水範囲外までの距離を最大500mとし避難ビル設置の効果を検証するケースである。ケース5は避難路に一般国道のみを選択して避難する場合を想定して、道路渋滞や障害物による道路閉鎖が発生しないことを想定したケースである。ケース6ではケース3からケース5までの対策すべてを行ったケースであり、避難訓練強化、避難ビル設置、避難路整備による効果を検証するケースである。

表 - 2 シミュレーションのケース設定

ケース	条件	ケース2との比較
ケース1	夜間 避難なし(浸水範囲内人口ベース)	避難の効果
ケース2	昼間 避難あり(実際の状況を再現)	—
ケース3	昼間 避難訓練の強化	避難訓練の効果
ケース4	昼間 避難ビルの設置	避難ビル設置の効果
ケース5	昼間 避難路の指定	避難路指定の効果
ケース6	昼間 対策すべて	避難対策の効果

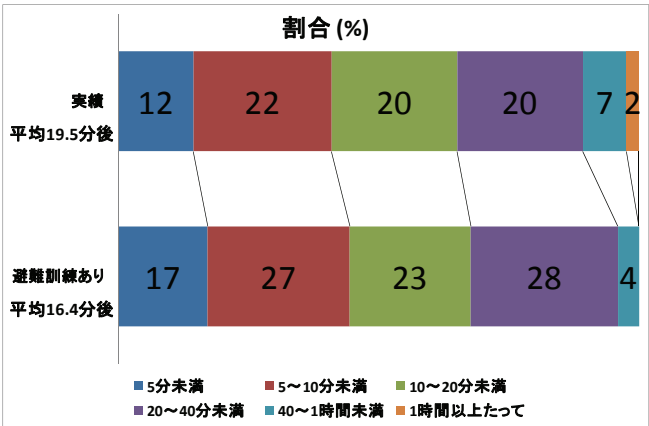


図-8 避難開始までの時間の変化

4.3 シミュレーション結果

避難シミュレーションの結果を表-3に示す。ケース1とケース2の比較では避難の効果が検証された。ケース2とケース3の比較では犠牲者を約25%減少できることが検証され、避難訓練の効果が表れた。ケース2とケース4の比較では犠牲者を約10%減少できることが検証され、避難ビル設置による効果が表れた。ケース2とケース5の比較では犠牲者数にほとんど変化が見られず、避難路整備による効果は検証されなかった。ケース2とケース6の比較では犠牲者数を約40%減少できることが検証された。

表 - 3 シミュレーション結果

ケース	犠牲者数(人)	人口割合(%)		ケースの比較
		浸水範囲内	石巻市	
ケース1 避難なし	15歳未満 5336	100.0	26.4	40633
	15~64歳 26276	100.0	27.3	
	65歳以上 12672	100.0	17.6	
ケース2 避難あり	15歳未満 458	8.6	2.3	921
	15~64歳 2195	8.4	2.3	
	65歳以上 998	7.9	1.4	
ケース2 避難あり	15歳未満 458	8.6	2.3	448
	15~64歳 2195	8.4	2.3	
	65歳以上 998	7.9	1.4	
ケース3 避難開始時刻を早める	15歳未満 361	8.5	2.3	24
	15~64歳 1710	8.3	2.3	
	65歳以上 659	7.8	1.4	
ケース4 避難ビル設置	15歳未満 1931	8.6	2.3	1427
	15~64歳 1931	8.4	2.3	
	65歳以上 874	7.9	1.4	
ケース5 避難路整備	15歳未満 458	5.2	0.9	
	15~64歳 2179	8.3	2.3	
	65歳以上 992	7.8	1.4	
ケース6 対策すべて	15歳未満 275	5.1	1.4	
	15~64歳 1341	5.1	1.4	
	65歳以上 608	4.8	0.8	

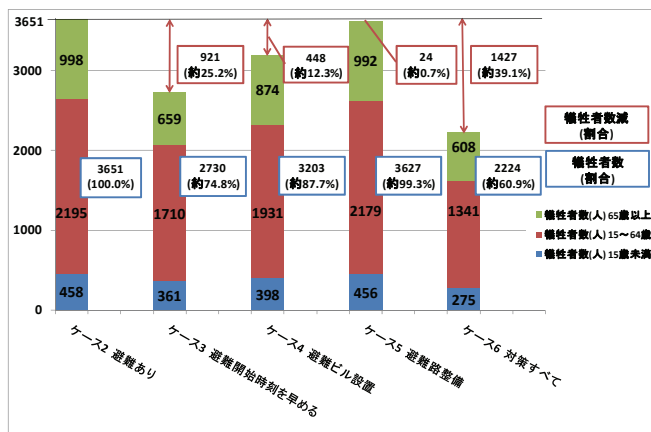


図-9 犠牲者数の比較

5. おわりに

5.1 まとめ

避難シミュレーションをした結果、現況再現(ケース 2)での犠牲者数が 3651 人になった。石巻市での東日本大震災による津波の犠牲者数は3709人¹⁰⁾であるので、実際の被害に近い条件でシミュレーションを行えたと言える。ケースごとの比較では避難訓練の強化による効果と避難ビル設置の効果を検証することができた。一方で避難路整備による犠牲者数の減少は見られなかった。これらの結果から津波被害を軽減するためには、避難に要する時間と避難距離が重要であり、自動車利用による避難では避難路を整備したとしても被害軽減には影響が少ないと言える。今回の避難シミュレーションから最も津波被害を軽減する方法は、避難訓練強化による避難開始までの時間を早め移動可能距離を長くすることである。そのため避難訓練の内容の見直しや参加率の増加が重要であり、東日本大震災での経験を活かし風化させないようにしなければならない。

5.2 今後の課題

今後の課題として、昼間の人口配置の見直しと新たなケースの設定が挙げられる。人口配置については従業者と通学者の合計としたため、その他の私用で地区に存在する人などを考慮すれば結果は変化するだろう。新たなケース設定についてはケース数が4つであるため現況再現との比較対象が少なかった。また、避難路整備による効果が見られなかったためケース5の設定値の見直しも必要である。

今回のケース設定ではソフト対策のみであるため、新たなケースにはハード対策を考慮したい。そして、子供や高齢者などの年齢層別、地区別の犠牲者率の

増減などから結果を詳しく分析して被害軽減方法を提案していきたい。

謝辞

本研究の避難シミュレーションは、科学技術振興機構の国際緊急共同研究・調査プログラム(J-RAPID)、土木学会の支援を受けた東日本津波避難調査団による調査結果を使用している。ここに記し謝意を表します。

参考文献

- 1) 森田哲夫, 藤井美久, 三上卓, 後藤洋三, 橋本隆: 災害弱者に着目した避難しやすい地域づくりー東日本大震災を事例としてー, 土木学会土木計画学研究・講演集 No.45, CD-ROM (24), 2012.6.2
- 2) 平成 22 年国勢調査, 人口等基本集計
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/img/StatInffunc/xls.gif>
- 3) 東日本太平洋岸地域のデータ及び被災関係データ
<http://www.stat.go.jp/info/shinsai/zuhyou/data0329.xls>
- 4) 平成 23 年住民基本台帳年齢別人口(市区町村別)
http://www.soumu.go.jp/main_content/000150193.xls
- 5) 復興支援アーカイブ, 建物被災エリア
http://fukkou-gis.csis.u-tokyo.ac.jp/map.php?dataid=04202_B-4_SHP_2&account_id=786&secure_code=d69116f8b0140cdeb1f99a4d5096ffe4
- 6) 想定を超える大津波からの避難に関する国際ワークショップ資料, 土木学会津波避難合同調査団, 2011.12.18
- 7) 歩行速度: 山崎昌廣, 人の歩行速度・歩幅、歩調、速度とエネルギー代謝の観点から-避難速度(自転車、自動車): 国土交通省, 東日本大震災の津波被災現況調査結果(第3次報告)
- 8) 平成 22 年道路交通センサス, 混雑時平均旅行速度の推移
http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000007813.pdf
- 9) 石巻市, 都市基盤復興基本計画図案
<http://www.city.ishinomaki.lg.jp/mpsdata/web/7514/sigaichi.pdf>
- 10) 石巻市, 石巻市で被災されたとする死者数及び行方不明者数
<http://www.city.ishinomaki.lg.jp/hishokoho/sinsai/hisajyokyo.jsp>