

災害弱者に着目した避難しやすい地域づくり — 東日本大震災を事例として —

森田 哲夫¹・藤井 美久²・三上 卓¹・後藤洋三³・橋本隆⁴

¹正会員 群馬工業高等専門学校 環境都市工学科 (〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町580)

E-mail:tmorita@cvl.gunma-ct.ac.jp

²横浜国立大学 理工学部建築都市・環境系学科 (〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5)

³正会員 東京大学 地震研究所 (〒113-0032 東京都文京区弥生1-1-1)

⁴正会員 伊勢崎市 企画部企画調整課 (〒372-8501 群馬県伊勢崎市今泉町2-410)

東北地方太平洋沖地震で発生した津波により甚大な被害もたらされ、多くの犠牲者を出し、その犠牲者のうち高齢者が多くを占めていた。本研究では、東日本大震災により大きな被害を受けた石巻市を対象とし、従前の地域に住民が戻るために、津波による人的被害を軽減し、災害弱者に着目した避難しやすい地域づくりを検討することを目的とする。

人的被害に関するシミュレーションの結果、避難行動による犠牲者の減少、避難訓練の強化の効果、高台避難所の整備効果、石巻市が検討している復興計画の有効性を検証できた。また、未就学の人口比が高くなっているケースがあり、災害弱者に着目したまちづくりの必要性が明らかになった。

Key Words : disaster, tsunami, the Great East Japan Earthquake, refuge

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津波により甚大な被害もたらされ、多くの犠牲者を出した。犠牲者の年齢は60歳以上が半数以上を占めている。震災直後から高所移転等の様々な提案がなされているが、漁業が行えない、移転先確保などの問題が提起されている。

本章では、東日本大震災により甚大な被害を受けた宮城県石巻市を対象とし、従前の地域に住民が戻るために、津波による人的被害を軽減できる、災害弱者に着目した避難しやすいまちを提案することを目的とする。

(2) 既存研究と本研究の位置づけ

既存研究や提案について、東日本大震災後の地域づくりに関する提案・研究、津波からの避難に関する研究の2点から整理する。

1点めの東日本大震災後の地域づくりについては、被災地の復旧・復興に向け、研究者らから数多くの提案がなされている。震災直後には、都市計画家協会¹⁾、政策研究大学院大学の教員有志²⁾による提案、中林による提案³⁾があり、再び津波が襲ったときにも被害を少なくする地域づくりや都市機能や住宅地の移転策など様々な提

案がみられる。その後、学会誌等で特集号⁴⁾が編まれ、被害状況の調査報告、復旧・復興に向けた提案等が展開されている。一方、被災地の自治体により復興計画が策定され、被災地の復興計画を比較検討した研究⁵⁾もみられる。

2点目の津波から避難に関する研究については、東日本大震災を対象とした研究は緒についたばかりであるものの、避難行動に関する分析⁷⁾、避難所設置に関する研究⁸⁾、避難施設と街路との関係に関する研究⁹⁾などの研究が始まっている。また、東日本大震災前の研究には、浸水計算と避難シミュレーションを行った研究¹⁰⁾、住民分布を考慮した津波避難に関する研究¹¹⁾がある。

本研究は、従前の地域に戻るために、大津波が来襲した場合に人的被害を軽減できる地域づくりについて考察するものである。既存研究との関連では、様々な地域づくりの提案や自治体の復興計画がある中で、定量的な分析結果に基づき、地域づくり提案を行う点が特徴である。本研究での地域づくりとは主に、住民の人口分布を指している。津波避難に関する既存研究との関連では、西畑らの避難行動に関する研究¹⁰⁾、南らの避難計画に関する研究¹¹⁾の系列上に位置し、東日本大震災における避難行動に関するデータ・資料に基づき、人的被害を抑制する人口分布を検討することが特徴である。

2. 避難シミュレーションの方法

(1) 対象地域の設定

東日本大震災による宮城県石巻市の人的被害状況は、死者 3,280 人、行方不明者 629 人、死者・行方不明者の合計 3,909 人である。人口は 160,826 人（2010 年国勢調査）、面積は 555.8km²である。市内には北上川が流れており、旧北上川の河口を中心に市街地が形成されている。東部は丘陵、山地となっており、太平洋に面したリアス式海岸が形成されている（図-1）。

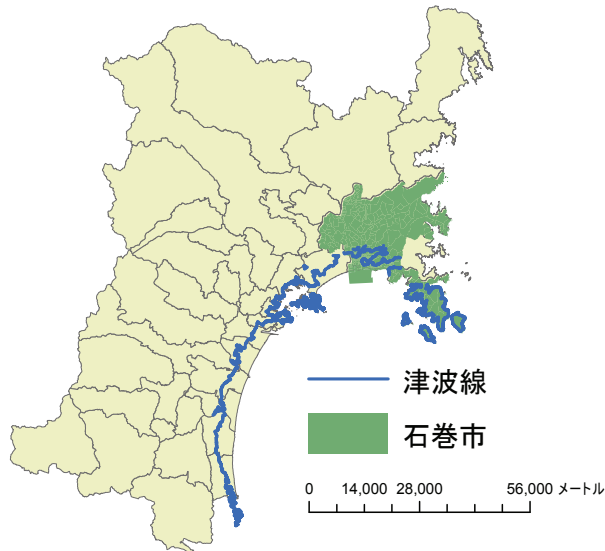


図-1 対象地域の設定

(2) シミュレーションのケース設定

津波により犠牲になったとする人は、津波来襲時に一定以上の浸水の範囲に存在した人とする。一定以上の浸水の範囲とは、東日本大震災津波避難合同調査団の調査資料¹²⁾より、全壊した家屋のある地域とした。分析単位は町丁・大字とし、一部の町丁・大字については、浸水の範囲により面積比で分割した。

避難シミュレーションのケース設定を図-2に示した。ケース0は夜間に津波が発生したケース（避難あり）である。ケース2は被害実績を再現する昼間のケース（避難あり）である。ケース0、2の比較により昼夜別の犠牲者の比較を行う。ケース1は浸水範囲内の人口を犠牲者としたケース（避難なし）であり、ケース2との比較から実績程度の避難による効果を検証する。これらのケースでは、夜間は居住地ベースの人口分布、昼間は通勤・通学を考慮した人口分布とする。

ケース3は避難開始時刻を一段階早めたケースであり、避難訓練を強化していた場合を想定し、ケース2との比較により避難訓練の強化の効果を検証する。ケース4は高台避難所（避難ビル等）が設置されていた場合であり、すべての地域の避難距離が0.9km以下になるように設置

するものとし、ケース2との比較から高台避難所の有効性を検証する。ケース5は住民の居任意向から人口を減少（震災前に比べ64%）させた場合である。ケース6は全体的な人口減少に加え、市の復興計画に基づき建築制限地域（図-3）には人口を配置しないケースであり、両者の比較から復興計画の有効性を検証する。

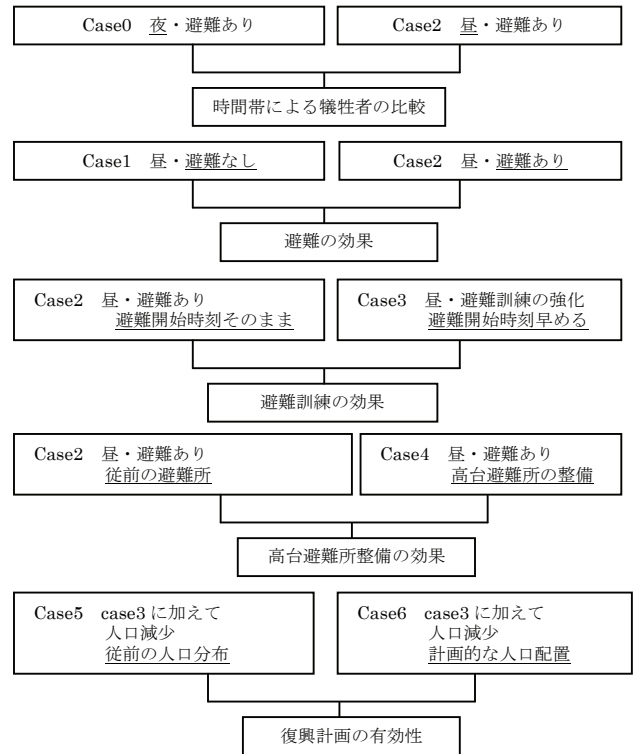


図-2 ケース設定

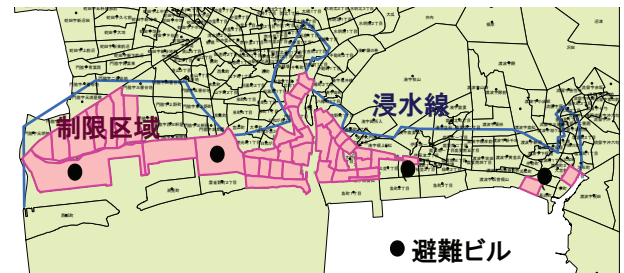


図-3 建築制限区域・避難所

(3) 避難シミュレーションの方法

避難シミュレーションの流れを図-4に示した。浸水範囲内の人口を避難行動別に分け、避難した人に関しては、津波が到達するまでの移動可能距離と一定以上の浸水域外までの距離を比較し、避難できたかを判断する。犠牲者数は避難できなかった人と避難しない人の合計とした。避難の方向は図-5のように設定した。犠牲者数は0～6歳の未就学、7～64歳の一般、65歳以上の高齢者の年齢階層別に算出した。避難しない人の比率は5%とし、避難時の交通手段は徒歩、自転車、自動車を用いたものとし、交通手段分担率を乗じた（図-6）に示し、交通手段別の

避難速度を表-1に示す。地震発生からの避難開始時刻、早めた避難開始時刻を図-7に示す。平均すると、実績では地震発生から17.0分後、早めた場合は8.8分後である。津波到達時刻は地震発生から60分後とし、避難距離は各地域の重心から浸水範囲外までの直線距離とした。

上記の避難の方向、交通手段分担率、避難開始時刻は、東日本大震災津波避難合同調査団¹²⁾の調査資料より設定した。

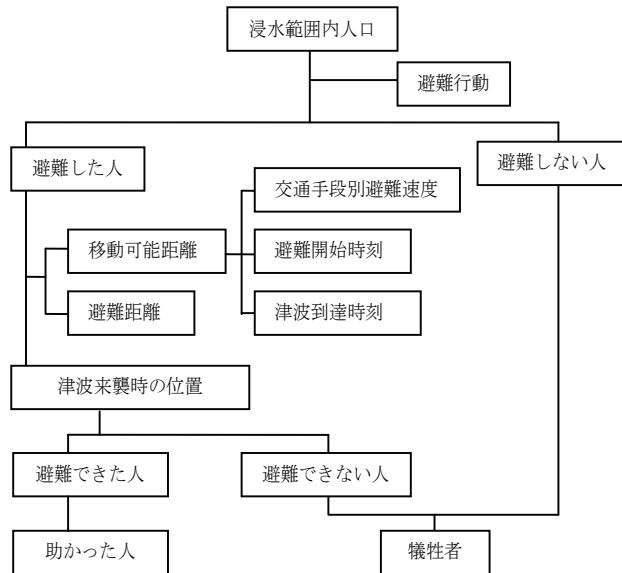


図-4 避難シミュレーションの方法

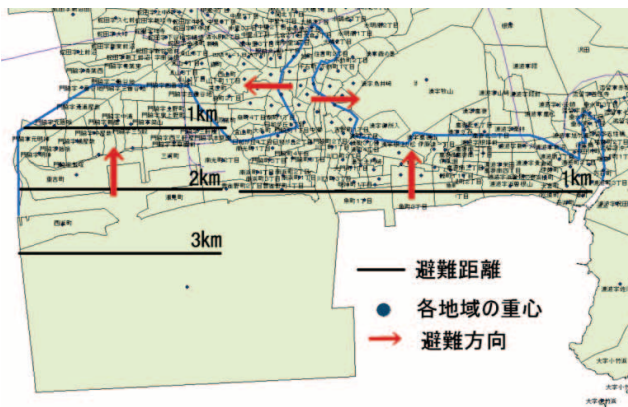


図-5 避難の方向

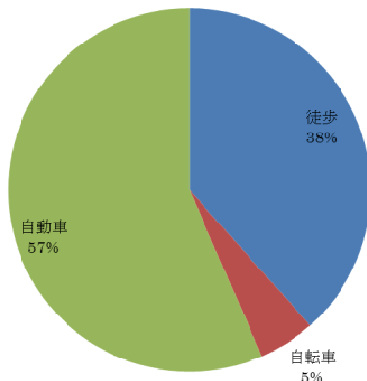


図-6 避難時の交通手段分担

表-1 交通手段別避難速度

交通手段	速度 m/分
徒歩	未就学 58.7, 一般 79.6, 高齢者 58.3
自転車	106.7
自動車	150.0

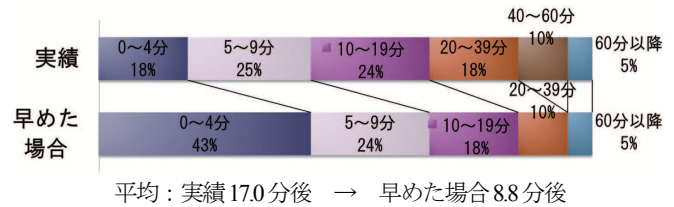


図-7 地震発生からの避難開始時刻

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-2に示す。夜間のケース0（避難あり）と昼間のケース2（避難あり）の比較から、夜間に津波が発生した場合の方が犠牲者数は約500人多くなることがわかる。昼間に避難なしのケース1と、実績程度の避難ありのケース2の比較から、避難により犠牲者が約27,600人減少したことがわかり、避難により人的被害が小さくなったことが確認できた。

地震発生からの避難開始時刻を変化させないケース2と避難開始時刻を早めたケース3の比較から、避難訓練を強化することで被害を大きく減少できることがわかる。従前の避難所のままのケース2と高台避難所（避難ビル等）を整備したケース4の比較からは、沿岸部に人口900m以内に高台避難所を追加整備しておくことで約300人の犠牲者を減少させることができることがわかる。

今後の人口減少下において人口分布をそのままとし人口減少したケース5と、復興計画に基づき計画的な人口減少を行ったケース6の比較からは、建築制限区域を設けることで約700人の犠牲者を減少させることができることが分かる。

年齢階層別にみると、ケース2に対し避難時刻を早めたケース3において、未就学者、高齢者の犠牲者の割合が低下している。

4. おわりに

(1) まとめ

東日本大震災で大きな被害を受けた宮城県石巻市を対象に、津波被害シミュレーションを行った。その結果、避難行動による犠牲者の減少、避難訓練の強化の効果、高台避難所の整備、復興計画の有効性を確認できた。

表-2 シミュレーション結果

ケース	犠牲者数 人		人口比 %	ケース比較 人	
【ケース0】 夜・避難あり	未就学	231	4,601	時間帯別の比較 483	
	一般	3,204			12.6
	高齢者	1,166			12.4
【ケース2】 昼・避難あり	未就学	231	4,118		12.2
	一般	2,721			12.6
	高齢者	1,166			13.4
【ケース1】 昼・避難なし	未就学	1,838	31,729		-
	一般	20,351			-
	高齢者	9,540			-
【ケース2】 昼・避難あり (現況再現ケース)	未就学	231	4,118	27,611	
	一般	2,721		12.6	
	高齢者	1,166		13.4	
【ケース2】 昼・避難あり 避難開始時刻・実績	未就学	231	4,118	972	
	一般	2,721		12.6	
	高齢者	1,166		13.4	
【ケース3】 昼・避難あり 避難開始時刻・早める	未就学	180	3,146	9.8	
	一般	2,034		10.0	
	高齢者	932		9.8	
【ケース2】 昼・避難あり 人口分布そのまま	未就学	231	4,118	333	
	一般	2,721		12.6	
	高齢者	1,166		13.4	
【ケース4】 昼・避難あり 高台避難所の整備	未就学	224	3,785	12.2	
	一般	1,017		11.9	
	高齢者	477		11.9	
【ケース5】 ケース3に加えて 人口減少・人口分布そのまま	未就学	115	2,013	9.8	
	一般	1,302		10.0	
	高齢者	596		9.8	
【ケース6】 ケース3に加えて 人口減少・計画的な人口減少	未就学	72	1,326	9.7	
	一般	869		10.1	
	高齢者	385		9.8	

注：人口比は当該人口属性を母数とする比率

また、年齢階層別にみると、避難時刻を早めることにより未就学者、高齢者の犠牲者の割合が低下していることがわかった。

しかし、対策を施した場合には人的被害は減少するものの、犠牲者は依然見込まれるため、避難対策のあり方、復興計画における人口配置については検討すべき課題が存在する。また、未就学者、高齢者などの避難する際に弱者となる人についての対策が求められよう。

(2) 今後の研究課題

本研究の避難シミュレーションについては、次に示すように、技術的な課題が多く残っているため、今後検討を進める。

1) 通勤・通学を考慮した昼間人口をベースに予測したが、より精度の高いシミュレーションとするため、買物・通院等の私用による移動を考慮することが考えられる。

2) 避難所や内陸に向かって直線で避難すると考えたが、実際は避難経路をたどるため避難に要する時間は大きく変わる。避難経路についてより実態に近いデータを用いる必要がある。

3) 本研究では、犠牲になる浸水域を家屋が全壊した範囲としたが、実際に犠牲になった浸水深やその他の状況を反映した分析が必要である。

4) 避難は、家族や職場グループ等で行われているため、複数で避難することを考慮し、交通手段、避難開始時刻、避難速度を実態にあった条件に精査すべきである。

5) 本研究で用いたシミュレーションの条件は、主に犠牲にならなかった人の情報による。犠牲になった人の情報を含め分析を行う必要がある。

6) 本研究のシミュレーションは、石巻市北東部の避難状況について十分な資料が得られず、分析に含めていないため、今後分析を進めたい。

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）の支援を受けた東日本大震災津波避難調査団による調査結果を使用した。ここに記し謝意を表します。

参考文献

- 1) 都市計画家協会：都市計画家協会の支援姿勢と地平 JSURP チーム 40' s の提言, Planners, No.67, spring, 2011
- 2) 政策研究大学院大学教員有志：東日本大震災復興政策に関する提言（第二次）, 2011.5.16
- 3) 中林一樹：東北地方太平洋沖地震津波災害からの復旧復興に関する緊急提言, http://www.fukkou.net/e-japan/report/201100407_2.html, 2011.4.7
- 4) 例えば, [緊急特集]東日本大震災, 都市計画, No.291, 2011.6
- 5) 例えば, 災害特集, 土木学会誌, Vol.96, No.6, 2011.6
- 6) 二葉潤・森本 章倫：東日本大震災復興計画における都市の集約化に関する比較研究, 第 39 回土木学会関東支部技術研究発表会講演集, CD-ROM (IV-39), 2012
- 7) 平井寛・南正昭・菱沼拓郎：避難のしかたによる避難の所要時間と身体への負担の違いについての研究－宮古市田老地区における調査データを用いて, 第 44 回土木計画学研究発表会・講演集, CD-ROM (P11), 2011
- 8) 猪狩有佑・平井寛・南正昭・菱沼拓郎：津波被害地区における避難所設置場所の検討に関する基礎的研究, 第 44 回土木計画学研究発表会・講演集, CD-ROM (P48), 2011
- 9) 渡邊祐二・熊谷兼太郎・根木貴史：津波避難の安全性に及ぼす避難施設数と街路閉塞の影響の評価, 第 44 回土木計画学研究発表会・講演集, CD-ROM (260), 2011
- 10) 西畑剛・森屋陽一・田村保・瀧本浩一：気仙沼地点における津波避難シミュレーション, 海洋開発論文集, No.21, pp.163-168, 2005
- 11) 南正昭・谷本真佑・安藤昭・赤谷隆一：住民分布を考慮した津波避難計画の支援に関する研究, 都市計画論文集, No.41-3, pp.695-700, 2006
- 12) 東日本大震災津波避難合同調査団：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, 2011.12.18

(2012.5.7 受付)

A STUDY ON THE REGION PLANNING THAT IS EASY TO REFUGE FROM TSUNAMI FOCUSING DISASTER WEAK - A CASE STUDY OF THE GREAT EAST JAPAN EARTHQUAKE -

Tetsuo MORITA, Miku FUJII, Taku MIKAMI, Yozo GOTO
and Takashi HASHIMOTO