

災害弱者に着目した避難しやすいまちづくりー東日本大震災を事例としてー

群馬工業高等専門学校 環境都市工学科 学生会員 ○藤井 美久
 群馬工業高等専門学校 環境都市工学科 正 会 員 森田 哲夫
 群馬工業高等専門学校 環境都市工学科 正 会 員 三上 卓
 東京大学地震研究所 正 会 員 後藤 洋三

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がもたらされ、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、従前のまち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) 本研究の位置づけ

既存提案には、過去の三陸津波の復興計画を示した中島¹⁾らによる提案がある。東日本大震災からの復興計画を示したものには、海岸沿いを津波に備えたまちにするという都市計画家協会²⁾、政策研究大学院大学の教員有志³⁾による提案、被災地に再編するという中林⁴⁾、坂井⁵⁾による提案、集落の内陸移転を行うという石川⁶⁾、瀬田⁷⁾による提案がある。

津波既存研究には、浸水計算と避難シミュレーションを行った西畑ら⁸⁾による研究があり、津波避難計画を行った千葉ら⁹⁾の研究がある。

本研究は、被災地にまちを再編するために、西畑らの研究を基に避難シミュレーションを行い、その結果から千葉らの研究のように津波避難を考慮したまちづくりを提案する。本研究は、災害弱者に着目して東北地方太平洋沖地震の規模での津波を想定する。

2. 対象地域の設定

石巻市の東北地方太平洋沖地震の被害状況は死者 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(平成 22 月国勢調査)、面積は 555.78km²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 石巻市

3. 避難シミュレーションの方法

(1) シミュレーションの考え方

対象地域は津波により浸水した地域とする。津波により犠牲(死亡)になったとするのは、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¹⁰⁾の調査資料より、全壊した家屋のある地域とし設定した。分析単位は町丁・大字とし、一部の町丁・大字については、一定以上の浸水の範囲により面積比で分割した。

(2) ケース設定

ケース 0 は夜間に地震が発生した場合である。ケース 2 は被害実績を再現するケース(避難あり)であり、昼間に地震が発生した場合である。ケース 0、2 の比較により時間帯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。ケース 3 は避難開始時刻を一段階早め

キーワード 東日本大震災, 津波, 石巻市, 避難, 復興

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

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したものとし、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 6 は住民の居住意向から人口を減少（震災前に比べ 64%）させた場合であり、ケース 5 は全体的な人口減少に加え、市の復興計画に基づき居住制限地域には人口を配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。

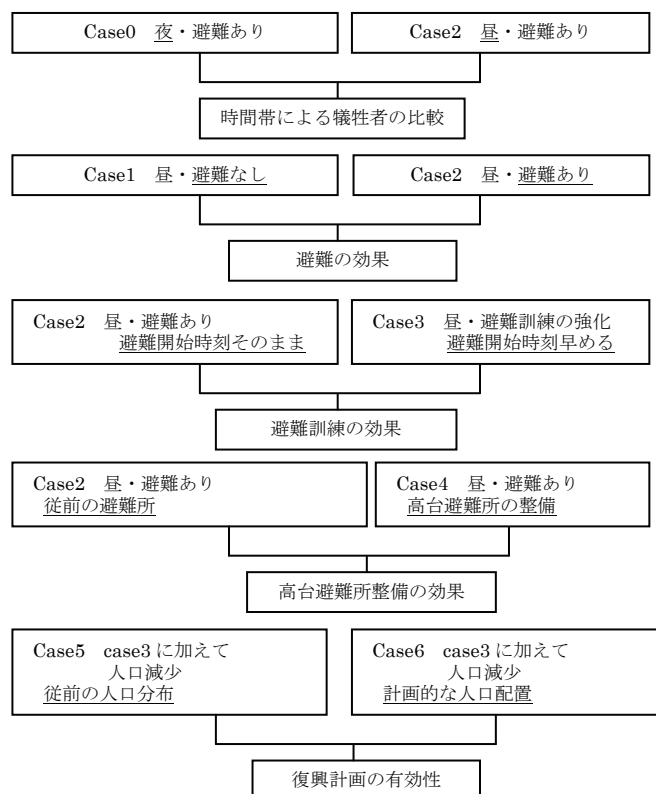


図-2 ケース設定



図-3 制限区域・避難所

(3) 避難方法の設定

昼間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て避難できたかを判断した。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。犠牲者数は 0～6 歳の未就学、7～64 歳の一般、65 歳以上の高齢者に分けて算出した。避難しない人は 5%とし、避難時の交通手段には徒歩、自転車、自動車を用いたものとする。交通手段の割合を図-6 に示し、避難速度を表-1 に示す。実績の避難開始時刻を図-7 に示し、早めた避難開始時刻を図-8 に示す。避難開始時刻そのままの場合の平均時刻は 17.0 分で、早めた場合の平均時刻は 8.8 分である。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およその直線距離とした。上記の交通手段の構成比と避難開始時刻は、東日本大震災津波避難合同調査団¹⁰⁾の調査資料により設定した。

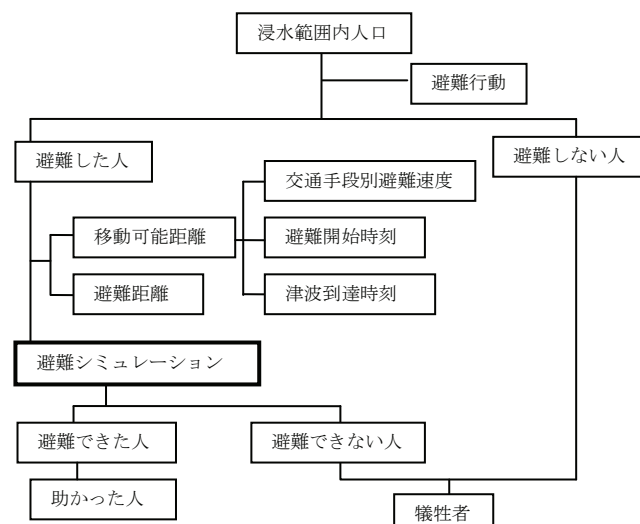


図-4 避難シミュレーションの方法

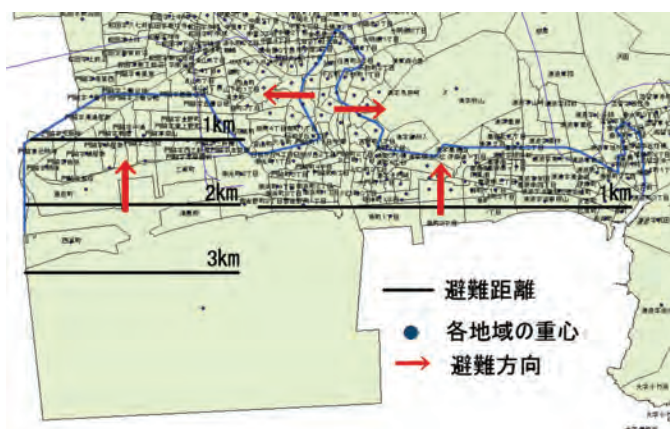


図-5 避難の方法

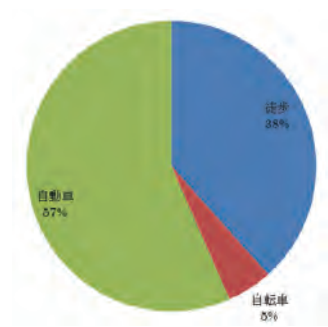


図-6 避難時の交通手段

表-1 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

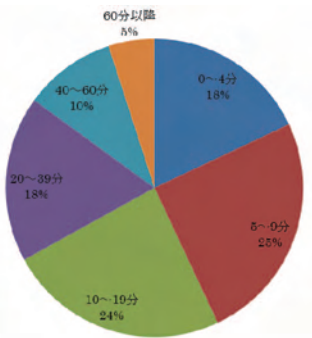


図-7 避難開始時刻
(実績, 平均 17.0 分)

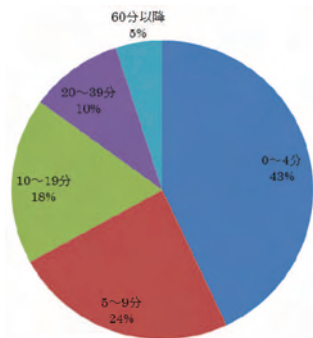


図-8 避難開始時刻
(早めた場合, 平均 8.8 分)

4. 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 1 と昼間のケース 2 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およそ 500 人增多することがわかる。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大きく減少することがわかり、浸水域内のまちでは避難が不可欠であるといえる。

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。従前の避難所のケース 2 と高台避難所を整備したケース 4 の比較からは、避難ビル等の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。

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。

津波来襲時に一定以上の浸水の範囲にいた人に対する犠牲者の割合を示した人口比からは、全体的には大きな違いはないがケース 2、ケース 3、ケース 5、ケース 6 では一般の人口比が高くなっている。ケース 0 とケース 4 においては未就学者の人口比が最も高い。

表-2 シミュレーション結果

case	犠牲者数(人)		人口比 (%)	case の比較 (人)
case0 夜・避難あり	未就学 231	4601	12.6	時間帯別の比較 483
	一般 3204		12.4	
	高齢者 1166		12.2	
case2 昼・避難あり	未就学 231	4118	12.6	
	一般 2721		13.4	
	高齢者 1166		12.2	
case1 昼・避難なし	未就学 1838	31729	—	避難の効果 27611
	一般 20351		—	
	高齢者 9540		—	
case2 昼・避難あり	未就学 231	4118	12.6	
	一般 2721		13.4	
	高齢者 1166		12.2	
case2 昼・避難あり 避難開始時刻 そのまま	未就学 231	4118	12.6	避難訓練の 効果 972
	一般 2721		13.4	
	高齢者 1166		12.2	
case3 昼・避難あり 避難開始時刻早める	未就学 180	3146	9.79	
	一般 2034		9.99	
	高齢者 932		9.77	
Case2 昼・避難あり 街並みそのまま	未就学 231	4118	12.6	高台避難所の 効果 333
	一般 2721		13.4	
	高齢者 1166		12.2	
Case4 昼・避難あり 高台避難所の整備	未就学 224	3785	12.2	
	一般 1017		11.9	
	高齢者 477		11.9	
Case5 case3に加えて 人口減少 人口分布そのまま	未就学 115	2013	9.79	復興計画の 有効性 687
	一般 1302		9.99	
	高齢者 596		9.77	
case6 case3に加えて 計画的な人口減少	未就学 72	1326	9.66	
	一般 869		10.1	
	高齢者 385		9.79	

注：人口比は当該人口属性を母数とする比率

5. おわりに

(1) まとめ

東日本大震災で大きな被害を受けた石巻市を対象に、津波による被害実績を再現した。その結果、予測値 4,118 人（ケース 2）に対し、実際の犠牲者 3,909 人（死者+行方不明者）となった。本研究では、通勤・通学を考慮した昼間人口をベースに予測したが、買物等の私用による移動が想定される。

本研究はケース 2 を基本に、各種のシミュレーションを行い、避難行動により犠牲者の減少、避難訓練の強化の効果、高台避難所の整備、復興計画の有効性が確認できた。また、未就学の人口比が高くなっているケースがあったため、災害弱者に着目したまちづくりが必要だと考えられる。

(2) 今後の課題

技術的な検討課題が残っている。本研究では、町丁・大字別に避難所や内陸に向かって直線に避難すると考えたが、実際は避難経路をたどって避難するため避難に要する時間は大きく変わる。浸水域については全壊が多い地域と設定し、避難距離は浸水域外までの距離としたが、実際に浸水した地域は広く避難にはさらに距離であったと考えられる。また、避難開始時刻は 6 つの時間帯にしか分けていないため大きく誤差が出たと考えられる。

また、未就学児や非就業者、高齢者は昼間に自宅にいと仮定したため、買物に行っていた主婦や施設に入っている高齢者は考慮していない。

以上の点を考慮し、より正確な避難シミュレーションを行っていくことが今後の課題である。

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大震災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) 中島直人・田中暁子：三陸の過去の津波災害と復興計画，都市計画，No.291，pp.45-48，2011
- 2) 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.67，2011
- 3) 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），
<http://www.grips.ac.jp/docs/security/teigen.html>，
2012.1.20（閲覧）
- 4) 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，
2012.1.20（閲覧）
- 5) 石川幹子：岩沼市の復興計画策定の実態報告，都市計画，No.291，pp.36-38，2011
- 6) 坂井淳：「限界集落」を「無限集落」へ，都市計画，No.291，pp.66-69，2011
- 7) 大阪市立大学 瀬田史彦：国土・広域的な視点からみた復興街づくりの在り方，都市計画，No.291，pp.99-100，2011
- 8) 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
- 9) 千葉悟史・南正昭・安藤昭・赤谷隆一：住民の空間分布を考慮した津波避難計画の支援に関する研究，土木学会東北支部技術研究発表会，No.55，pp.640-641，2006
- 10) 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，土木学会東日本大震災津波避難合同調査団，2011.12.18