

津波に強いコンパクトな地域構造に関する研究

細川 良美¹・森田 哲夫²・柴山 菜摘¹・木梨 真知子³・森本 章倫⁴

¹学生会員 群馬工業高等専門学校 専攻科 環境工学専攻 (〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町580)

²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@cvt.gunma-ct.ac.jp

³正会員 佐賀大学 低平地沿岸海域研究センター (〒840-8502 佐賀市本庄町1)

⁴正会員 宇都宮大学大学院 工学研究科 (〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2)

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震により発生した大津波は、東北地方の太平洋沿岸部に壊滅的な被害をもたらした。本研究では本研究では津波被害に着目し被害を軽減する方法として、コンパクトシティを利用することによって津波に強いまちができるかを検証することを目的とした。

コンパクトシティには本来、人口減少や高齢社会への対応などのほかに環境負荷の減少という狙いがある。しかし、高台は限られた場所にしかないために町内が複数に分断されてしまう可能性や震災以前は徒歩圏で移動できた人たちが高台移転によって移動距離が長くなってしまふなどの問題が懸念される。これらの問題を解決するために、高台にある既存の居住地等も考慮して、高台移転が基本でなくても津波に強いコンパクトなまちになるようさらなる検討が必要があると考えている。

Key Words : Tohoku earthquake, tsunami, Compactcity, Minamisanriku-cho, GIS, transport energy

1. 背景・目的

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震により大津波が発生し、東北地方の太平洋沿岸部に壊滅的な被害をもたらした。地震の揺れや液状化現象、地盤沈下などにより広域に被害がおよび各種ライフラインも寸断された。

自然災害を未然に防ぐことは困難であるが、日ごろから災害に対する十分な備えを行うことで、災害発生直後の迅速かつ効果的な対応を図ることができ、被害を軽減することができるのではないかと考えた。

そこで、本研究では津波被害に着目し被害を軽減する方法として、コンパクトシティを利用することによって津波に強いまちができるかを検証することを目的とした。

2. 本研究の位置づけ

(1) 既存研究の整理

日本は地震大国であり、昔から津波被害を受けている。今回の津波被害を受けこれまでも津波被害に対する都市の復興案の研究は多くされている。

既存研究として、石川¹⁾の沿岸部に津波防災緑地帯を設置するというものや中島ら²⁾の過去の津波災害や復興案と今回発生した津波被害を考えた研究、高井³⁾の大震災の教訓を生かした災害に強いまちづくりの研究がある。

(2) 本研究の位置づけ

災害に強いまちづくりを行うための既存研究はあるが、研究のなかでコンパクトシティを利用しているものはない。そこで、本研究では持続可能とされるコンパクトシティを利用し、津波などの災害に強いまちづくりができないかを検討していく。

3. 研究の構成・フロー

図1に本研究の流れを示す。

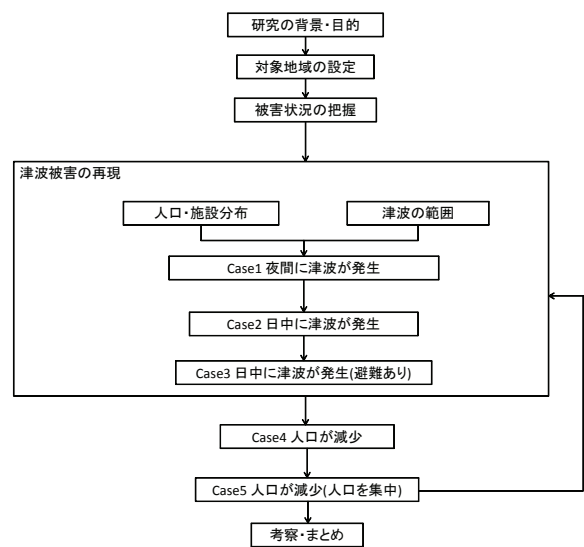


図1 研究の流れ

コンパクトシティを利用することで災害に強いまちづくりができるのではないかとこの仮説のもとに検証を行っていく。まず、対象となる地域の被害状況の把握を行い津波被害の再現をするためにシミュレーションを行う。それをもとに、人口配置を変えていきコンパクトシティが有効であるかを検証していく。

4. 研究方法

(1) 研究対象地域

東北地方太平洋沖地震により大きな被害を受けた地域を対象に調査を行い⁴⁾分布図に示した。図2に人口密度による人口に対する死者・行方不明者の割合の分布、図3に高齢化による人口増減率の分布、図4に高齢化による人口に対する死者・行方不明者の分布を示す。これらのデータから本研究では人的被害が比較的大きく、人口の減少も大きく高齢化率も高い宮城県の南三陸町(図5)を対象地域とする。また、人口密度が高いまが人的被害は少ないということが読み取れるため、コンパクトなまちが災害による被害を軽減できる可能性を示唆していると考えられる。

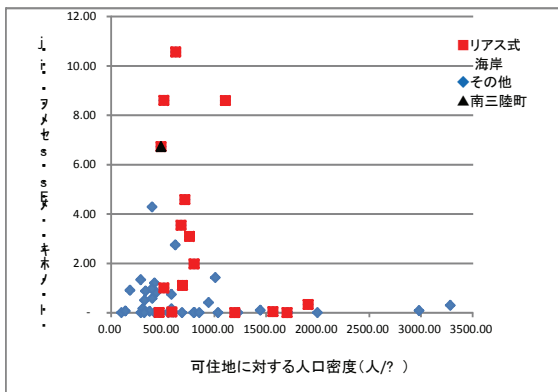


図2 人口密度による人口に対する死者・行方不明者の割合の分布

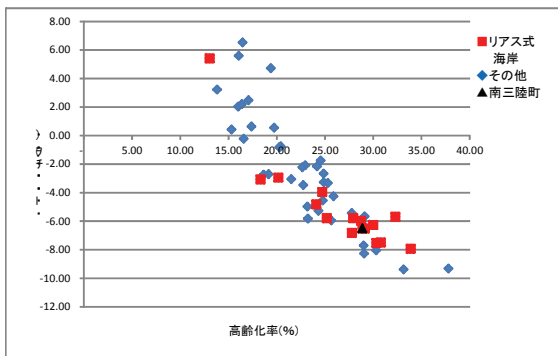


図3 高齢化(2005-2010)による人口増減率の分布

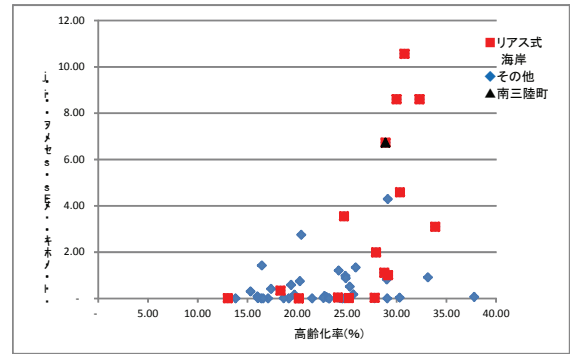
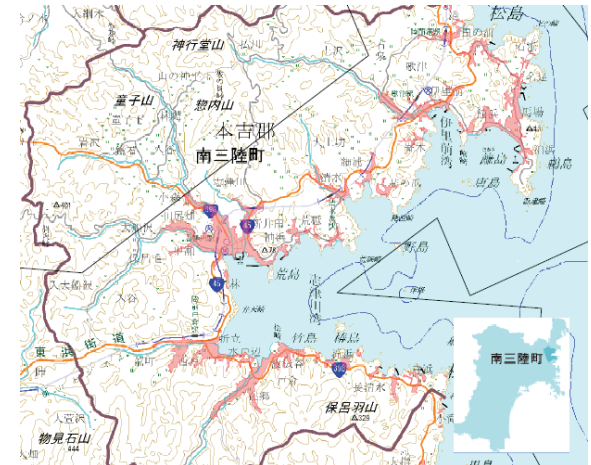


図4 高齢化(2005-2010)による人口に対する死者・行方不明者の分布



出典：国土地理院

図5 宮城県南三陸町

(2) 宮城県南三陸町の被害状況

宮城県南三陸町の総人口は17,666人であり今回の地震災害による死者・行方不明者の数⁵⁾は876人(2012年1月現在)、避難者の数⁶⁾は8719人(2011年4月現在)となっている。以下に地区別人口及び被災前と被災した世帯数を表1に示す。

表1 地区別人口及び世帯数⁶⁾

	人口(※1)	世帯数(※1)	被災世帯数(※2)
戸倉地区	2,411	680	520
志津川地区	8,213	2,723	2,020
入谷地区	1,898	518	10
歌津地区	5,144	1,441	780
計	17,666	5,362	3,330

※1 2011年2月 ※2 2011年4月

5. 津波による人的被害再現のケース設定案

(1) ケース設定

今回の地震による津波の人的被害の再現を行い、復興案をもとにまちをつくった場合の効果について検証を行

う。表2にケース設定案を示す。

case 1 から case 3 にかけて実際の被害状況に近づくように設定した。また、case 4 においては南三陸町で行われた住民の意向調査の結果⁵⁾、約9割の人がまた南三陸町に住みたいという意向を示していることから、人口を1割減少させて集計を行う。case 5はcase 4に対し現在南三陸町で出されている復興案⁶⁾に示されている高台移転とコンパクトなまちをもとに高台に居住地ゾーン、沿岸部に産業地ゾーン、その内側の低地に商業・観光地ゾーンを設定し人口配置を行った(図6)。

表2 ケース設定案

case1	夜間に津波が発生	・夜間を想定し、居住地ベースで津波が到達した範囲の夜間人口、世帯数を集計
case2	日中に津波が発生(避難なし)	・case1に対し、以下を想定 1)児童・生徒・学生が学校にいる 2)就業者が従業地にいる ・昼間人口ベースで、津波が到達した範囲の人口を集計
case3	日中に津波が発生(避難あり)=被害の再現	・case2に対し、避難行動を想定する ・昼間人口ベースで、避難行動を考慮し、津波が到達した範囲の人口を集計
case4	人口が減少する場合	・case3に対し、町域の全体の人口が1割減少する場合を想定する ・昼間人口ベースで、避難行動を考慮し、津波が到達した範囲の人口を集計
case5	人口が減少し人口分布がコンパクトになる場合	・case4に対し、高台移転及び人口集中させた場合 ・昼間人口ベースで、津波が到達した範囲の人口を集計

(2) シミュレーション条件

case 3を再現するにあたり南三陸町と比較的地形も似ており場所も近い宮城県石巻市でのヒアリング・ポスティング調査の結果⁷⁾と国土交通省の報告をもとに避難開始時刻や避難手段別の避難速度など、避難の条件を設けた。ヒアリング・ポスティング調査の結果による年代別の避難開始時刻および避難手段の割合を表3・4に、避難手段別の避難速度を表5に示す。津波到達時刻は地震発生から1時間後、避難経路は直線で考えた。また、case 5では避難ありを100%と設定した。

表3 年代別避難開始時刻の割合

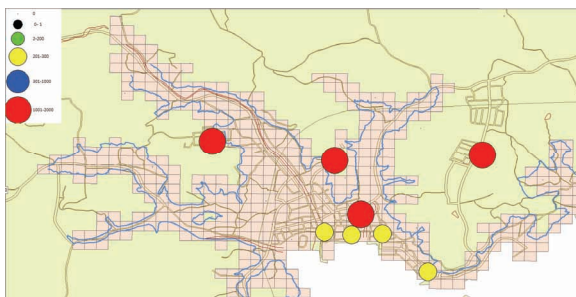
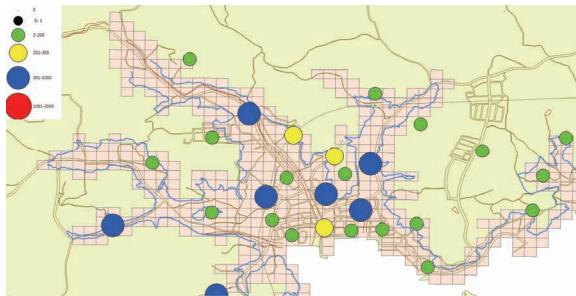
年齢	5分未満	5分～10分未満	10分～20分未満	20分～40分未満	40分～1時間未満	1時間以上たつて	避難する必要はなかった。	避難できなかった。
～19	14	43	14	14	0	0	0	14
20～59	20	22	26	16	12	1	0	3
60～	18	27	19	21	8	0	1	7

表4 年代別避難手段の割合

年齢	歩いて(走って)避難	自転車に乗って避難	バイクに乗って避難	自動車に乗って避難	自動車に乗せてもらって避難	その他
～19	56	0	0	0	44	0
20～59	37	5	0	45	13	0
60～	50	3	0	23	23	1

表5 避難手段別速度

避難の手段	徒歩				自転車	自動車
	未就学	学生	一般	高齢者		
避難速度(m/分)	56.6	72.2	75.9	54.9	250	150



※南三陸町志津川地区

図6 計画なし(上)・計画あり(下)の人口分布

6. ケース別の被害予測

(1) シミュレーション方法

対象地域は津波により浸水した地域とする。津波により被災(死亡)したとするのは津波来襲時に浸水範囲に存在した人とする。

津波の浸水範囲は、国土交通省都市局⁹⁾が調査した津波浸水域のメッシュデータを使用した。

(2) 現況再現(南三陸町)

5章のケース設定案をもとにArcGISを利用して集計を行っていくと以下のような結果が得られた(表6)。表7には津波による実際の被災人数を示す。

実際の死者・行方不明者876人に対してシミュレーション結果(case 3)は870人となった。また、現在南三陸町で出されている復興案を実行することで震災前と同様の人口配置を行った場合よりも被災者が約3分の1まで減少することがわかった。

表6 推定被災人数(南三陸町)

		推定被災人数(人)
case1	夜間に津波が発生	8515
case2	日中に津波が発生(避難なし)	8950
case3	日中に津波が発生(避難あり)=被害の再現	870
case4	津波浸水範囲の人口が1割減少する場合 人口分布は以前のまま	312
case5	現在南三陸町で出されている復興案	90

表7 実際の被災者数

	被災者数(人)
避難者	8719
死者・ 行方不明者	876

(3) 現況再現(志津川地区)

同様に、南三陸町志津川地区沿岸部に注目して現況再現を行った。結果を表8に示す。

南三陸町の被災者の大部分が志津川地区にいた人々であることがわかる。

表8 推定被災人数(志津川地区)

		推定被災人数(人)
case1	夜間に津波が発生	4822
case2	日中に津波が発生(避難なし)	5600
case3	日中に津波が発生(避難あり)=被害の再現	537
case4	津波浸水範囲の人口が1割減少する場合 人口分布は以前のまま	186
case5	現在南三陸町で出されている復興案	88

7. 高台移転における環境負荷

現在南三陸町で出されている復興案を実行することで予測される被災者を減少させることができる。しかし、復興案では高台移転を行うことにより居住地から商業・観光施設や海が離れてしまい普段の生活における移動距離が長くなることが予想される。移動距離が長くなるとことはCO₂の排出量が増加するということでもある。

今回は、南三陸町志津川地区の通勤時の移動に着目し一人あたりの輸送エネルギーを算出し比較検討を行う。

(1)式に輸送エネルギーの計算方法を示す⁸⁾。また、交通手段別分担率を表9に、各交通手段別の輸送エネルギー原単位⁹⁾を表10に示す。ここで、平均トリップ長は平成2年の国勢調査による通勤時間をもとに交通手段別平均速度(表11)を用いて算出した。

$$E = T * d * e \quad (1)$$

発生(集中)量: T (人トリップエンド)

平均トリップ長: d (km)

輸送エネルギー原単位: e (kcal/人km)

表9 交通手段別分担率(H2 国勢調査)

利用交通手段	鉄道	バス	自動車	二輪車	徒歩・その他
利用交通分担率(%)	2	15	58	10	15

表10 輸送エネルギー原単位(kcal/人km)⁹⁾

鉄道	バス	自動車
51	165	584

表11 交通手段別平均速度(km/h)

鉄道	バス	自動車
38.7	11.9	39.2

表12にcase 4 と case 5における志津川地区の一人あたりの輸送エネルギーを示す。

表12 一人当たり輸送エネルギー

	輸送エネルギー(kcal)
case4	5233
case5	5903

高台移転を行うと、高台移転を行わなかった場合よりも一日一人当たり300kcalのエネルギーが多く排出されてしまうことが分かった。

8. まとめと今後の研究課題

研究の結果、現在南三陸町で出されている復興案により人的被害は、今回の津波の犠牲者の約9分の1まで減少することがわかった。

コンパクトシティには本来、人口減少や高齢社会への対応などのほかに環境負荷の減少という狙いがある。し

かし、高台は限られた場所にしかないために町内が複数に分断されてしまう可能性や震災以前は徒歩圏で移動できた人たちが高台移転によって移動距離が長くなってしまふなどの問題が懸念される。

今後の研究課題として次の2つを整理する。1つめは、津波への強さ（人的被害が少なさ）、交通環境負荷以外での評価視点で、地域構造を分析することである。生活質などの住民の視点からみた評価、インフラ整備や地域経営のコストからみた評価の検討が必要であると考ええる。2つめは、復興計画で示されている高台移転以外のコンパクトな地域構造の評価である。本研究を通じ、高台移転は津波による人的被害を小さくできることを検証したが、新たな評価視点を導入することで、他の地域構造を提案できる可能性があると考ええる。

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ます。ここに記し謝意を表します。

参考文献

- 1) 石川幹子：岩沼市(仙台平野南部)の復興計画策定の実態報告：愛と希望の復興，都市計画 291，pp.36-38，2011
- 2) 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 291，pp.45-48，2011
- 3) 高井広行：大震災の教訓と災害に強いまちづくり，日本建築学会大会学術講演梗概集，1995年
- 4) 総務省統計局：平成 22 年 3 月 31 日住民基本台帳年齢別人口，地域別統計データベース
- 5) 宮城県ホームページ「地震被害等状況及び避難状況」：
<http://www.pref.miyagi.jp/>
- 6) 南三陸町：南三陸町震災復興計画，
<http://www.town.minamisanriku.miyagi.jp/>
- 7) 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
- 8) 森本章倫，小美野智紀，品川純一，森田哲夫：東京都市圏における PT データを用いた輸送エネルギー推計と都市構造に関する実証的研究，土木計画学研究・論文集，No.13，pp.361-368，1996
- 9) 森本章倫・古池弘隆：交通エネルギー消費の推移と都市構造に関する研究，土木計画学研究・講演集，No.25，CD-ROM，2002

A STUDY ON COMPACT REGIONAL STRUCTURE THAT IS STRONG FOR TSUNAMI

Yoshimi HOSOKAWA, Tetsuo MORITA, Natsumi SHIBAYAMA,
Machiko KINASHI and Akinori MORIMOTO