

東日本大震災被災沿岸部における被害軽減効果の比較

Comparison of Tsunami Mitigation Effect in the Coastal Areas
affected due to the 2011 Great East Japan Earthquake○田中 智大¹、村尾 修²
Tomohiro TANAKA¹ and Osamu MURAO²¹ 東北大学大学院工学研究科
School of Engineering, Tohoku University² 東北大学災害科学国際研究所
International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

The 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami severely damaged to the coastal areas in north-east region of Japan. However, notwithstanding its magnitude of Mw 9.0, it seems less casualty than those caused by other recent tsunamis such as the 2004 Indian Ocean Tsunami. One of the factors of those disaster risk reduction was tsunami mitigation strategies which had been adopted along coastal areas in Japan since 20th century. In order to clarify the effect of tsunami mitigation strategies, this paper comprehensively gathers dataset of related construction situation such as levee or water gate, tsunami height, and damage for each district. Then it analyzes relationships between several tsunami mitigation strategies and damage conditions.

Keywords : 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami, Reconstruction Agency, levee, seawall, casualty, inundation

1. はじめに

(1) 研究の背景

日本は災害大国であり、防災についての国民の関心が高い。また 1896 年と 1933 年の三陸大津波や 1960 年チリ津波による被害を受けて、20 世紀半ばより多くの資金を投じた津波対策のための構造物が、日本各地の沿岸部で建設されてきた。2011 年に発生した東日本大震災では、想定外の大津波により、甚大な人的被害・建物被害が生じたが、地震の規模を考慮すると 2004 年インド洋津波による被害と比べ小さかった。それらは、例えば釜石の湾口防波堤が津波到達時間や浸水面積を減じたように、我が国における津波防災に対する投資による効果とも言える。しかし、一方で想定外の津波に対して、構造物によって被害を完全に防ぐことに限界があることを人々に認識させた部分もある。

(2) 研究の目的

本研究は、東日本大震災被災地における事前の対策と津波被害を定量的に比較分析することにより、これまで施されてきた津波抑止策の効果について、包括的に明らかにする。

(3) 既往研究の整理

常田ら¹⁾は、震災の約 50 日後から宮城県および千葉県の平野部の沿岸で現地調査を行い、津波のハード対策に関する知見を明らかにするとともに、将来の復旧あるいは復興対策の方向性について、性能設計の視点から考察した。

高橋ら²⁾は、青森県から茨城県にかけての港を対象として、現地調査によって港湾施設被害の地域性を明らかにし、今後の課題として、津波の実態や災害の実態や原因をさらなる現地調査や数値計算、水理模型実験で検討を進める必要があることとした。

富田ら³⁾は、岩手県釜石港と岩手県大船渡港、福島県相馬港の湾口防波堤を対象とし、港湾空港技術研究所が開発した高潮津波シミュレータを用いて分析した。これによると、3 港とも湾口防波堤による浸水高と浸水面積の低減が確認された。それに加える形で、小原ら⁴⁾は、防波堤の形状を具体的な形状から考察することで、シミュレーションの前段階として、津波減災効果の高い港湾を選別するための簡易な指標を提示した。

前川ら⁵⁾は、宮城県名取市と千葉県旭市を対象として津波被害調査を行い、海岸砂丘・盛土の津波減災効果を検証した。その結果、砂丘背後では両市とも明らかな浸水深の低下が確認され、浸水高と砂丘の高さが同じならば、家屋被害も減少することが明らかになった。砂丘が断続している場合は効果が薄れることも示された。

不動ら⁶⁾は、津波波源モデルを用い、防波堤の津波低減効果の発現特性を明らかにし、その簡易評価手法の可能性を検討するとともに、防波堤と防潮堤による多重防護の有効性を検証した。津波低減効果の発現特性としては、平均浸水深が漁港の津波流入量と港内面積に比較的大きく影響を受けること、防潮堤等による平面遮断性、鉛直遮断性が高いほど、また来襲津波の周期が短いほど、漁港への津波流入量は小さくなること、小規模な漁港では減災効果は得られにくいことの 3 つを明らかにした。多重防護の有用性については、さらに水門整備などの対策を加えることで、より一層の津波低減効果を発揮する可能性があることを示唆した。

このように、津波対策の構造物について、シミュレーションなどを用いて部分的に評価する研究や、現地調査によって定性的に評価する研究はいくつかあるが、定量的なデータを用いて包括的に評価する研究は確認できていない。

2. 研究の方法

(1) 研究対象

本研究は、東日本大震災で津波被害を受けた、青森県から千葉県にかけての6県の沿岸部61市町村を対象とする。対象とする市町村を表1に示す。

表1. 対象とする市町村

青森県(4)	三沢市, おいらせ町, 八戸市, 階上町
岩手県(12)	洋野町, 久慈市, 野田村, 普代村, 田野畑村, 岩泉村, 宮古市, 山田町, 大槌町, 釜石市, 大船渡市, 陸前高田市
宮城県(15)	気仙沼市, 南三陸町, 女川町, 石巻市, 東松島市, 松島町, 利府町, 塩釜市, 七ヶ浜町, 多賀城市, 仙台市, 名取市, 岩沼市, 亘理町, 山元町
福島県(10)	新地町, 相馬市, 南相馬市, 浪江町, 双葉町, 大熊町, 富岡町, 楡葉町, 広野町, いわき市
茨城県(10)	北茨城市, 高萩市, 日立市, 東海村, ひたちなか市, 水戸市, 大洗町, 鉾田市, 鹿嶋市, 神栖市
千葉県(10)	銚子市, 旭市, 匝瑳市, 横芝光市, 山武市, 九十九里町, 大網白里町, 白子町, 長生町, 一宮町

(2) 研究の手順

本研究は、以下の手順に従って分析を進める。

① 津波対策の構造物についての情報整理

対象地における津波対策の構造物の適用事例と、それらの被害軽減効果事例を整理する。適用事例については、復興庁がウェブサイトで公表している「公共インフラに係る復興施策⁷⁾」(平成27年7月31日現在)から、総海岸数、被災海岸数、地区海岸名、主な施設、備考(復旧・復興)の情報を収集する。なお、福島県浪江市から広野市にかけての市町村において情報は公表されていなかった。被害抑止効果事例については、新聞やウェブサイト、既往研究等から情報を収集する。

② 東日本大震災に関するデータの整理

対象地における被害の状況を定量的なデータによって把握する。データは、総務省統計局がウェブサイトで公表している「社会・人口統計体系(統計でみる都道府県・市区町村)⁸⁾」(平成25年9月17日現在)の中から、以下の内容を収集する。

- ・市町村基本データ(総面積, 総人口, 総世帯数ほか)
- ・市町村被害データ(浸水域面積, 浸水域人口, 浸水域世帯数, 被害建物数, 死者数ほか)

また、津波高さについて、東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ⁹⁾の各チームから提出された津波高さの速報値のうち、市町村ごとの最大値を抽出した。

③ 東日本大震災における被災度の比較分析

同程度の津波を受けた、地形と津波対策の異なる地域間での被害の差を把握するために、市町村における影響度評価をする。具体的には、市町村の定常状況における被害の程度を比較することと、被災度を把握するために被害データを用いて人的被害(死者数/浸水域人口)と建物被害(建物被害数/浸水域建物総数)の算定も行う。

④ 三陸沿岸部における過去の津波被害との比較分析

同じ地形で津波の大きさと対策の異なる場合の被害の差を把握するために、東日本大震災における津波被害を

1896年明治三陸大津波と1933年昭和三陸大津波の津波被害と定量的に比較する。

⑤ 津波対策の構造物の被害抑止効果の考察

本研究のまとめとして、20世紀に施された津波被害抑止策がどの程度効果があったのかを示す。

3. 津波被害抑止策とその効果

(1) 津波対策の構造物について

a) 津波対策の構造物の適用事例

適用事例について、まず県ごとに得られた情報を表2にまとめる。施設種類は、[堤防・防潮堤][防波堤][護岸][胸壁][水門等]の大きく5種類に分類する。

海岸数、被災海岸数は共に宮城県が最も多く、被災率も一番大きな値をとる。また、茨城県は海岸数が福島県よりも多いが、被災海岸数は福島県の半分以下である。青森県と千葉県は海岸数、被災海岸数ともに同程度の値をとり、他の県と比べると少ない。

基本的に震源である宮城県沖から離れるにつれて被災率は下がるが、特に茨城県は総海岸数に対する被災海岸数が少ないため、6県で被災率の値が一番小さい。

表2. 県別の各種データ

	海岸数		構造物別の適用海岸数					
	海岸数	被災海岸数	被災海岸率(%)	防潮堤・堤防	防波堤	水門等	護岸	胸壁
青森県	17	6	35	4	0	1	2	0
岩手県	120	109	91	93	1	85	3	6
宮城県	287	263	92	117	1	20	127	23
福島県	76	64	84	41	28	1	7	0
茨城県	82	26	32	10	1	0	10	0
千葉県	17	7	41	0	0	0	4	0

また、市町村ごとの総海岸数に対する構造物による津波対策がとられる海岸数の割合を積み上げ縦棒で表したものが図1である。岩手県の市町村は、水門と堤防・防潮堤の対策をするところが大部分で、山田町や大槌町は全ての海岸においてその二つの構造物で津波対策がされていた。また、防波堤による津波対策をしていた市町村は非常に少ないが、福島県の各市町村では比較的高い割合で防波堤が用いられていたことがわかる。

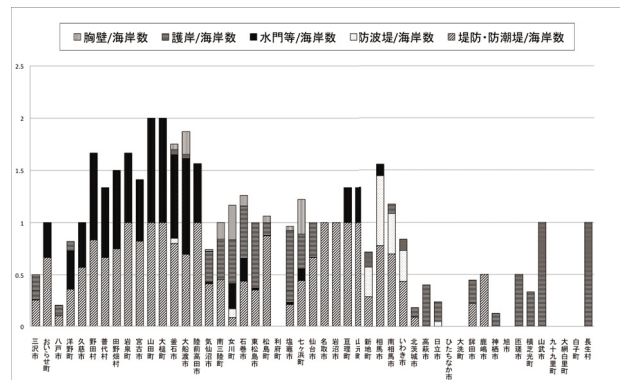


図1. 事例適用数/海岸数のグラフ

b) 津波対策の構造物の被害軽減効果事例

津波対策の構造物の被害軽減効果の事例については、日本・世界銀行共同プロジェクト「大規模災害から学ぶ¹⁰⁾」の報告資料において、日本が学んだ教訓として効果があった事例やなかった事例がいくつかまとめられている。それらを中心とした情報の収集結果を表3で示す。

表3. 津波対策の構造物の効果事例

#	地域名	対策	効果	掲載元
1	八戸市	海岸林	○	世界銀行
2	岩手県洋野町	堤防	○	世界銀行
3	岩手県久慈港	湾口防波堤 ¹¹⁾	○	日本建設業連合会
4	岩手県普代村	普代水門	○	河北新報
5	岩手県岩泉町	小本小学校の津波避難階段	○	世界銀行
6	宮古市田老地区	防潮堤	×	世界銀行
7	岩手県釜石港	世界最大水深(63m)の湾口防波堤	○	河北新報
8	釜石市唐仁町本郷	防潮堤	×	世界銀行
9	大船渡市	越喜来小学校の避難用スロープ	○	世界銀行
10	大船渡市	高台移転	○	世界銀行
11	石巻市渡波地区	海岸林	○	河北新報
12	太平洋岸地域	三陸縦貫自動車道	○	世界銀行
13	仙台市若林区	仙台東部道路	○	世界銀行
14	福島県相馬港	沖防波堤	○	日本建設業連合会

(2) 東日本大震災に関するデータ整理

図2は市町村ごとの津波高さを比較するグラフである。岩手県の市町村は陸前高田市以外全てで20m以上という比較的高い数値が見られ、なおかつ25m以上の高さについても岩手県の野田村と宮古市においてのみ確認できる。また、宮城県南部から茨城県北部の範囲の市町村についても津波高さの値が比較的大きくなる。

図3は市町村ごとの浸水範囲面積を比較するグラフである。浸水範囲面積については、最大の浸水範囲となった宮城県石巻市(73 km²)とその南隣の東松島市(37 km²)で大きな値をとる他、宮城県仙台市から福島県南相馬市にかけての仙台平野において、福島県新地町以外の市町村で20 km²以上の比較的大きな値をとっている。津波高さの値が大きい傾向のあった岩手県の市町村においては浸水範囲面積が比較的小さくなった。これは、山々で囲まれたリアス式海岸である岩手県の三陸沿岸部においては、津波高さの値は大きい、地形の標高差の影響を受け、浸水範囲面積の値は小さくなったということである。また、宮城県石巻市以南の地域においては平野部に津波が押し寄せたため、津波高さの割に浸水域面積が大きくなった。

宮城県東松島市南部から宮城県七ヶ浜町北部にかけての松島湾に面する地域では、湾口に配列した島々が堤防のような被害軽減の役割を果たした。これは、長谷川ら¹²⁾が証明している。

前述の津波高さや浸水範囲面積のもつ地域ごとの特性を踏まえ、三陸、仙台平野、松島湾の3つの地域に分け、各種データと浸水範囲面積の相関性を確かめるために、分析を行った。その結果を表4にまとめる。浸水域人口や死者・行方不明者数、建物被害総数については浸水域

囲面積との高い相関が見られたが、津波高さと浸水範囲面積には相関は見られなかった。

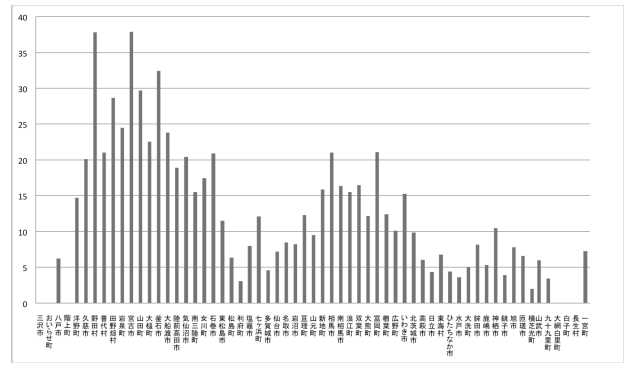


図2. 津波高さ(m)

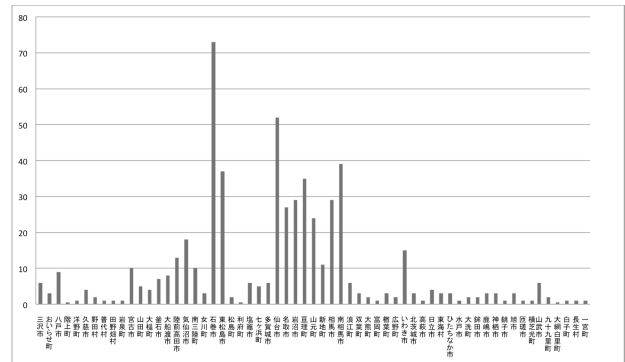


図3. 浸水範囲面積(km²)

表4. 各種データと浸水範囲面積の相関係数 R²

浸水範囲面積×	相関係数 R ²		
	三陸	松島湾	仙台平野
津波高さ	0.019	0.243	0.000
浸水域人口	0.980	0.999	0.952
死者・行方不明者数	0.820	0.974	0.465
建物被害総数	0.976	0.992	0.399

(3) 東日本大震災における被災度の比較分析

人的な被災度を同面積、同浸水域人口当たりの死者・行方不明者数とし、市町村ごとに比較したものが図5である。三陸海岸の岩手県洋野町～宮城県女川町と仙台平野南部の福島県浪江町～福島県広野町の範囲において比較的大きな値となった。

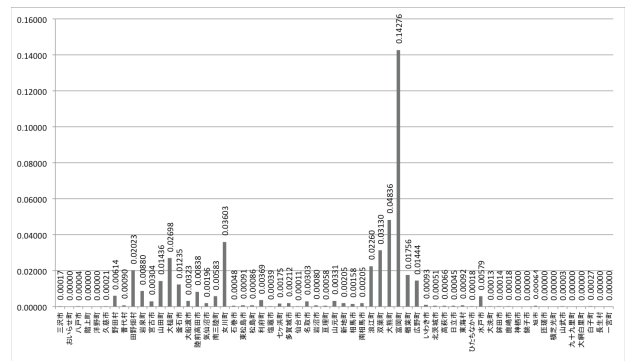


図4. 死者+行方不明者数/浸水域人口×浸水範囲面積

(4) 三陸沿岸部における過去の津波被害との比較分析

図 5、図 6 は、津波高さを横軸に、流失・倒壊建物率（流失・倒壊家屋数 / 建物総被害数）を縦軸とし、それぞれ明治三陸大津波と昭和三陸大津波の値を原点においたときの東日本大震災の値の推移を表したグラフである。

明治三陸大津波との比較により、流失・倒壊家屋率の低減に成功したのは、岩手県の 4 市町村である久慈市、普代村、釜石市、大船渡市のみである。中でも特に普代村と釜石市は、津波高さが増大したのにも関わらず、流失・倒壊家屋率は低減した。成功事例で確認できるように、普代村は水門の効果、釜石市は防波堤の効果とその要因の 1 つであると考えられる。

昭和三陸大津波との比較により、流失・倒壊家屋率の低減に成功したのは、岩手県野田村、岩手県普代村、宮城県石巻市の 3 市町村のみである。野田村は、昭和三陸大津波で全家屋が流されており、東日本大震災でも比較的大きな被害が出たが、対策の効果が低減の要因の 1 つであると思われる。また、成功事例にあるように普代村は水門、石巻市は海岸林の効果であると考えられる。

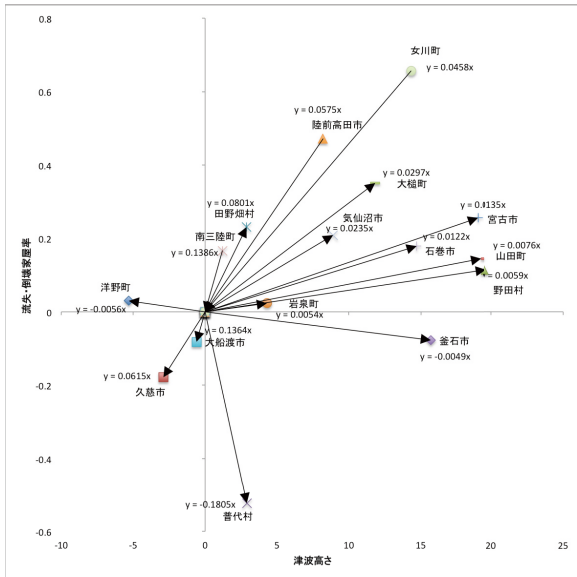


図 5. 明治三陸大津波と東日本大震災の比較

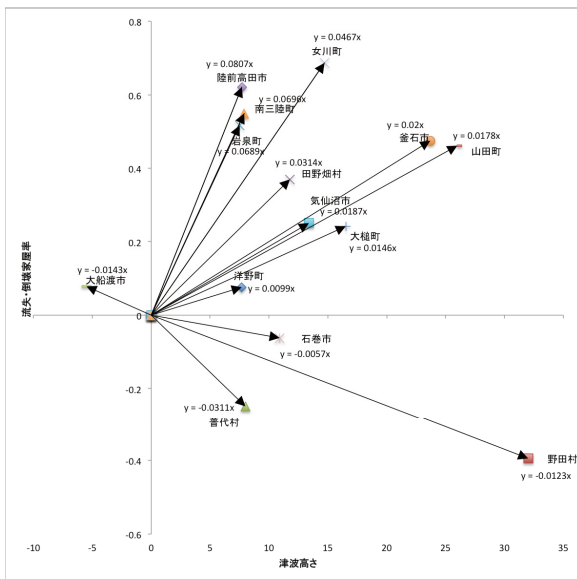


図 6. 昭和三陸大津波と東日本大震災の比較

4. まとめ

本研究においては、東日本大震災における適用事例や効果事例、被害データの地域の特徴やデータ同士の相関を明らかにした。

また、過去の津波被害との比較により、東日本大震災では、明治三陸大津波や昭和三陸大津波に比べ圧倒的に大きな津波が沿岸部にやってきたため、津波は多くの海岸で抑止のための構造物を超え、背後にある人々や建物を襲い、過去に比べ被災度が大きい市町村が多くなった一方で、岩手県野田村や普代村、宮城県石巻市のように、過去の例を超える津波高さに対し、被災度を軽減させることに成功した市町村を確認することができた。

細かい地域の要因を含めた関係性などは明らかにできていないため、今後、明らかにする必要がある。

謝辞

本稿は、科学研究費補助金・基盤研究 (A) 「東日本大震災復興システムのレジリエンスと沿岸地域における津波に対する脆弱性評価」の中で実施された調査に基づく成果報告である。

参考文献

- 1) 常田賢一, 小泉圭吾 (2011), 「津波被害からの知見とハード対策の方向性の考察」, 地盤工学会誌 No. 59(8), 36-42
- 2) 高橋重雄, 戸田和彦, 菊池喜昭[他] (2011), 「2011 年東日本大震災による港湾・海岸・空港の地震・津波被害に関する調査速報」, 港湾空港技術研究所資料 No. 1231, 4-200
- 3) 富田孝史, 廉慶善, 鮎川基和, 丹羽竜也 (2012), 「東北地方太平洋沖地震時における防波堤による浸水低減効果検討」, 土木学会論文集 B2(海岸工学) No. 68, 156-160
- 4) 小原恒平, 宮田正史, 青木伸之[他] (2013), 「最大クラスの津波に対する防波堤の津波減災効果について」, 土木学会論文集 B2(海岸工学) No. 69(2), 251-255
- 5) 前川俊明, 二瓶泰雄, 中田遥香 (2013), 「海岸砂丘・盛土による津波減災効果の検討」, 土木学会論文集 B1(水工学) No69(4), 1453-1458
- 6) 不動雅之, 中村隆, 磯部雅彦[他] (2014), 「漁港による防波堤と防潮堤による多重防護の適用検討事例」, 土木学会論文集 B3(海洋開発) No. 70(2), 343-348
- 7) 復興庁: 公共インフラに係る復興施策 (2015/7/31) <http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-3/20150729100121.html>
- 8) 総務省統計局: 社会・人口統計体系 (統計でみる都道府県・市区町村) <http://www.stat.go.jp/info/shinsai/#kekka>
- 9) 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ <http://www.coastal.jp/tjt/index.php?現地調査結果>
- 10) 世界銀行: 大規模災害から学ぶ-東日本大震災からの教訓 <http://www.worldbank.org/ja/news/feature/2012/10/02/gfdr-knowledge-notes>
- 11) 日本建設業連合会: 第 2 部 津波に耐える技術 <http://www.nikkenren.com/publication/detail.html?ci=188>
- 12) 長谷川修一, 野々村敦子, 山中稔[他](2008), 「日本三景松島は巨大地すべりによって形成された」, 一般社団法人日本応用地質学会 研究発表会公園論文集, 135-136