

津波被害の地域特性と津波被害関数の関連性について

東北大学大学院

学生会員 ○成田 裕也

東北大学災害科学国際研究所

正会員 越村 俊一

1. 序論

津波は、沿岸地域の居住地や都市環境に大きな被害をもたらす自然現象であり、被災地域に多数の死傷者や経済損失を引き起こす。これまでの巨大津波災害から、経験的に津波外力に対する建物被害程度を確率的に表す津波被害関数(越村ら, 2009)を構築することで、被災地域の建物群の脆弱性を評価する試みが数多くなされているが、その適用範囲については十分に明らかにされておらず、脆弱性の推定が可能な地域はそれぞれの研究対象地域に限定されると考えられる。

流失等の甚大な津波被害を受ける建物の脆弱性は、その地域特有の環境に大きく影響を受ける可能性がある。例えば、Suppasriら(2013)は、海岸の地形的特徴に注目し、石巻市の平野部とリアス式海岸部でそれぞれ浸水深との関係で津波被害関数を構築しており、リアス式海岸部では平野部より甚大な被害を受けやすいことを示している。つまり、地域によって異なる地形的特徴が津波の流れの特性と同様の影響を及ぼしていると考えられる。しかし、リアス式海岸といってもその形状は様々であり、湾地形と津波被害の関係を詳細に調べた例は少ない。

そこで本研究では、岩手県、宮城県の湾を対象として2011年東北地方太平洋沖地震津波における津波被害関数を構築し、その特徴量と湾地形に関する量との関係を調べることで、湾地形が津波被害関数へ及ぼす影響を定量的に把握することを目的とする。

2. 解析対象

本研究では、岩手県、宮城県のリアス式海岸に面する19の湾(久慈湾、野田湾、宮古湾、山田湾、船越湾、大槌湾、釜石湾、越喜来湾、広田湾、気仙沼湾、伊里前湾、志津川湾、追波湾、雄勝湾、女川湾、鮫浦湾)を対象とする。ただし、気仙沼湾は大島の存在により東湾と西湾の2つに分けて扱うこととする。使用データは、国土交通省都市局の現地調査によるものである。東北・関東地方の太平洋沿岸6県の被災市町村において、100mメッシュでの

浸水深の空間分布と、1戸ごとの詳細な建物被害データが得られている。建物被害程度は7段階(D1:流失, D2:全壊1, D3:全壊2, D4:大規模半壊, D5:半壊, D6:一部損壊, D7:被害無し)に分類されているが、本研究では流失率に関する津波被害関数を構築するため、流失(D1)と残存(D2-D7)に再分類している。ただし、浸水深が0mの点や被害程度が不明のデータは津波被害関数構築の際に除外している。

3. 津波被害関数の構築

(1) 津波被害関数とは

津波被害関数とは、建物被害程度を被害率として、浸水深、流速等の津波の流体力学的諸量との関連で表したものである。津波被害関数の導出には、まず津波浸水深の昇順に従ってデータを並べ替えた後、一定棟数の建物サンプル群を抽出し、津波浸水深の中央値と建物流失率を求める。その後、流失率と津波浸水深との関係を回帰分析により求め、対数正規分布による式(1)で表す。

$$P(x) = \Phi \left[\frac{\ln x - \lambda}{\xi} \right] \quad (1)$$

ここで、 x は最大浸水深で、 μ 、 σ はそれぞれ $\ln x$ の平均値と標準偏差である。

(2) 津波被害関数の構築

本稿では、流失率に関する津波被害関数を解析対象とする各湾ごとに構築した。図-1に、得られた津波被害関数の上限(伊里前湾)、下限(釜石湾)と全湾の平均を示す。また、津波被害関数の回帰式パラメータを表-1に示す。

図-1より、浸水深2mにおいて、上限の津波被害関数は流失率が約70%、下限では約20%と大きく差が見られ、この付近で2つの津波被害関数の流失率の差は最大となる。浸水深2m以降、流失率の差は小さくなっていく。つまり、上限の津波被害関数の流失率は、浸水深2mまでは上がりやすく、それ以降は下限の津波被害関数の方が流失率が上がりやすくなっている。これらの津波被害関数の流失率の上がりやすさ(傾き)が大きく異なることが、各湾の地形的特徴と関連していると考えられる。

キーワード: 津波被害関数, 建物被害, 地域特性

連絡先: 仙台市青葉区荒巻字青葉468-1 E302, TEL: 022-752-2082, FAX: 022-752-2083

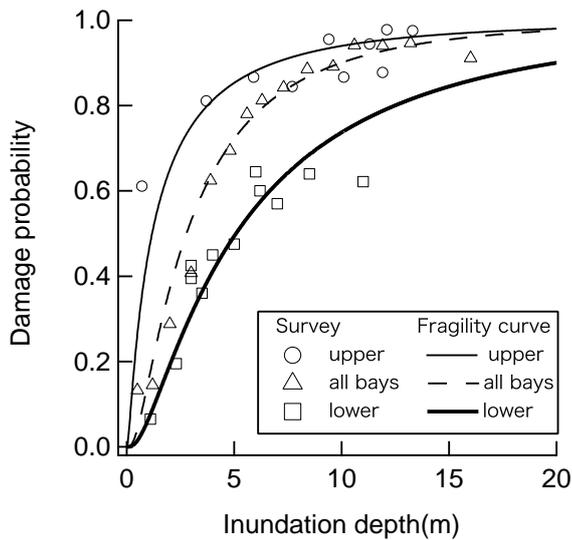


図-1 各湾ごとの津波被害関数(上限, 下限, 平均)

表-1 津波被害関数の回帰式パラメータ

	λ	ξ	R^2
上限(伊里前湾)	0.17	1.37	0.68
下限(釜石湾)	1.63	1.07	0.90
全湾平均	1.02	1.00	0.94

4. 湾地形量による重回帰分析

本稿では、各湾の津波被害関数の特徴量を目的変数とし、これと有意な相関をもつ湾地形量を重回帰分析により明らかにする。具体的には、浸水深0mから10mまで0.5m刻みで流失率を算出し、各区間で求められる傾きを津波被害関数の特徴量として用いる。また、説明変数となる湾地形量として、嶋村(2011)が定義する8つの湾地形量(湾域面積、湾長、湾口幅、湾域平均幅、湾口水深、湾入比、湾域形状係数、開口比)に海岸線の延長、閉鎖度指標、海底平均傾斜度、海底最大傾斜度を加えた12変数を挙げる。説明変数は候補の12変数の中から、ステップワイズ法により赤池情報量基準(AIC)が最も小さくなるように選択した。目的変数を $P(x = 2.0) - P(x = 1.5)$ としたときの重回帰分析の結果を式(2)に示す。海岸線の延長 L_c 、海底平均傾斜度 S_a 、湾域形状係数 F が説明変数となっている。

$$P(x = 2.0) - P(x = 1.5) = 0.052 + 0.001L_c - 0.004S_a + 0.019F \quad (2)$$

表-2に変数の検定結果、表-3に重回帰分析の適合度を示す。海岸線の延長の項は、係数が正であり、複雑な形状の海岸線ほど浸水深2m付近での流失率の傾きが大きいことを

表-2 変数の検定結果

	係数	標準偏差	t値	p値	有意水準
切片	0.052	0.014	3.459	0.004	**
L_c (km)	0.001	0.0003	4.630	0.0004	***
S_a (%)	-0.004	0.001	-3.694	0.002	**
F	0.019	0.006	3.304	0.005	**

有意水準 ***0.1%, **1%

表-3 重回帰分析の適合度

観測数 n	19
決定係数 R^2	0.734
調整済み決定係数 R^2	0.676

示している。また、湾域形状係数の項も係数が正である。これは、湾域形状係数は波に向かって垂直方向に広い湾ほど値が大きくなるため、湾口から内陸まで津波のエネルギーが減衰し難く、流失率が上がりやすくなっていると考えられる。海底平均傾斜度の項は係数が負である。海底の平均傾斜が大きいと、湾奥に進むにつれて津波の流速が遅くなり、流失率が上がりにくくなると考えられる。

5. 結論

本研究では、2011年東北地方太平洋沖地震津波により被災した岩手県、宮城県の19湾を対象として津波被害関数を構築し、その特徴量と湾地形量との重回帰分析を行った。その結果、海岸線の延長、海底平均傾斜度、湾域形状係数が有意な説明変数として得られ、回帰方程式を導出することができた。しかし、津波被害の地域特性として、湾地形以外にも建物の配置、海岸保全施設の影響等、様々な要因が考えられ、今後はそれらの地域特性も含めた検討が必要である。

参考文献

- 越村俊一, 行谷佑一, 柳澤英明(2009):津波被害関数の構築, 土木学会論文集B, Vol.65, No.4, 320-331
- Suppasri, A., E. Mas, I. Charvet, R. Gunasekera, K. Imai, Y. Fukutani, Y. Abe and F. Imamura(2013), Building damage characteristics based on surveyed data and fragility curves of the 2011 Great East Japan tsunami, Natural Hazards, 66 (2), 319-341
- 嶋村清(2011):湾地形と津波高の関係についての研究—平成23年東北地方太平洋沖地震における津波の地形学的研究—, 東海大学紀要産業工学部, 4, 1-8.
- 上田遼(2012):重回帰分析を用いた東日本大震災における津波の人的被害の考察—津波性状と社会的要因を考慮した検討—, 地域安全学会論文集, Vol.18, 443-450
- 小笠原敏記, 古坂梢, 柳川竜一, 岩間俊二, 堺茂樹(2013):東北地方太平洋沖地震津波による岩手県沿岸における建物被害の特性, 土木学会論文集B2, Vol.69, No.2, 356-360