

東北地方における津波浸水範囲および津波被害の調査 —津波来襲状況の解明と被害関数構築に向けて—

越村 俊一*・郷右近英臣**

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日、東北地方太平洋沖地震による大津波が発生した。地震・津波により、12 都道県で死者・行方不明者 20,874 人（死者：15,642 人，行方不明者：5,001 人，警察庁 7 月 28 日現在）に上る，我が国史上最大規模の超巨大地震津波災害となった。

特に岩手県から福島県にかけての津波被害は甚大であり，仙台平野では，海岸線から 5 km 以上内陸まで津波が浸水し，一般家屋だけでなく，仙台空港などの重要なインフラ設備にも甚大な被害をもたらした。また，宮城・岩手両県の内湾部では，既往最大外力を計画高とした高さ 10 m 以上の防波堤・防潮堤をはるかに上回る規模の津波が来襲し，背後の集落が壊滅的な被害を受けた。

津波の被災地では，今後の復旧・復興計画に加え，新たな津波対策の検討を行うことになる。高所移転案や津波対策の観点からは，ハード対策・ソフト対策・まちづくりの 3 軸での総合的な津波対策の基本方針に加え，ハード対策の限界をそれぞれもっと強く意識し，海岸堤防等の海岸保全施設の整備に必要な設計津波の水位設定の考え方も新たに示された。一方，被災地の復興には，被災地における土地利用の考え方を刷新し，津波に強いまちづくりを具現化していかなければならない。さらに，本津波災害の事例に基づき，我が国全体の津波対策を再構築する必要も生じるであろう。その際の基礎となる資料が本津波の浸水域，遡上高，および被害実態であり，我が国全体の津波対策を再構築する上で

極めて重要な情報である。

本稿では，上記問題意識に基づき実施した，東北地方における津波浸水範囲および津波被害の調査結果，特に浸水域内の被害状況と津波来襲状況の関連を明らかにするための調査結果についての概要を報告する。

また，これまで幾度となく津波災害を乗り越えてきた三陸地方の復興について再考し，特に高所移転の成否について論ずることで，過去の歴史津波災害からの教訓を現代に置き換えて考える。

なお，浸水範囲の現地調査については，東北大学，千葉工業大学，防衛大学校，関西大学，大阪市立大学等からの計 20 名の研究者による研究グループにより実施されたことを付記する。

2. 津波浸水域

筆者らは，津波発生直後から，浸水範囲の把握を第一義の目的として現地調査を実施した。津波被災地において，漂流物の漂着地点を把握，または現地における聞き取り調査により，津波の浸水限界点の緯度・経度・標高値の高精度 GPS 測位を実施した。調査は 3 月 26 日から開始し，7 月初旬の時点で岩手県・宮城県において計 1,000 地点における浸水限界点の測定を行った。

GPS 測位は，まず調査地域内に私設基準点を設置し，スタティック測位（測位方法の一つ）後に遠方の電子基準点を用いて基線解析を実施し，私設基準点の正確な座標を得た。その後調査者が移動局を持って浸水限界点のスタティック測位を行い，私設基準点のデータを利用して解析・補正した。

ただし，現時点では日本国内のほぼ全ての電子基準点において改測を必要としており，

*東北大学大学院工学研究科・災害制御研究センター 准教授

**東北大学大学院工学研究科

ここでは測位を固定した地点のみを暫定的な結果として図 1 に示す。改測終了後、座標を変更して解析することで絶対精度を確保する。結果は随時本研究グループの情報共有プラットフォーム¹⁾で公開する予定である。

3. ビデオ映像の解析による津波来襲状況の解明

東北地方太平洋沖地震津波では、沿岸部の数多くの潮位観測施設が津波により破壊され、津波来襲状況の全貌は未だに分かっていない。ここでは、宮城県女川町におけるビデオ映像の解析から明らかになった津波の来襲状況について概要を説明する。利用した映像は、女川町民が女川町営の観光物産施設の屋上で撮影したものである（読売新聞社提供）。映像中にある津波の水位や目安となる建物の寸法、高さを現地調査により測定し（たとえば図 2）、時系列としたものが図 3 である。

津波が岸壁を越えたのは 15:21 頃（目撃証

言）であり、およそ 15 分で第 1 波のピークに達したことがビデオの解析から明らかになった。また、映像には建物が流失する瞬間も捉えられており、その時間における浸水深・流速を計測すると、浸水深約 5 m、流速 6.3 m/s であったことが分かった。女川町では、特に鉄筋コンクリートおよび鉄骨造のビルの転倒・流失の事例が多く、建物に実際に作用した津波力の評価、数値シミュレーションの再現性の評価だけでなく、避難ビルの耐津波性能の要件を再考するための資料として活用できることを確認した。

4. 家屋被害地図の作成と津波被害関数

津波浸水域内の家屋の流失状況を俯瞰して見ることは極めて重要である。建物被害状況と、防波堤・防潮堤等の海岸施設の被害状況と関連づけることで、海岸施設がどの程度被害軽減に寄与したかなど、これまでの津波防災対策の検証を行う必要がある。また、海岸

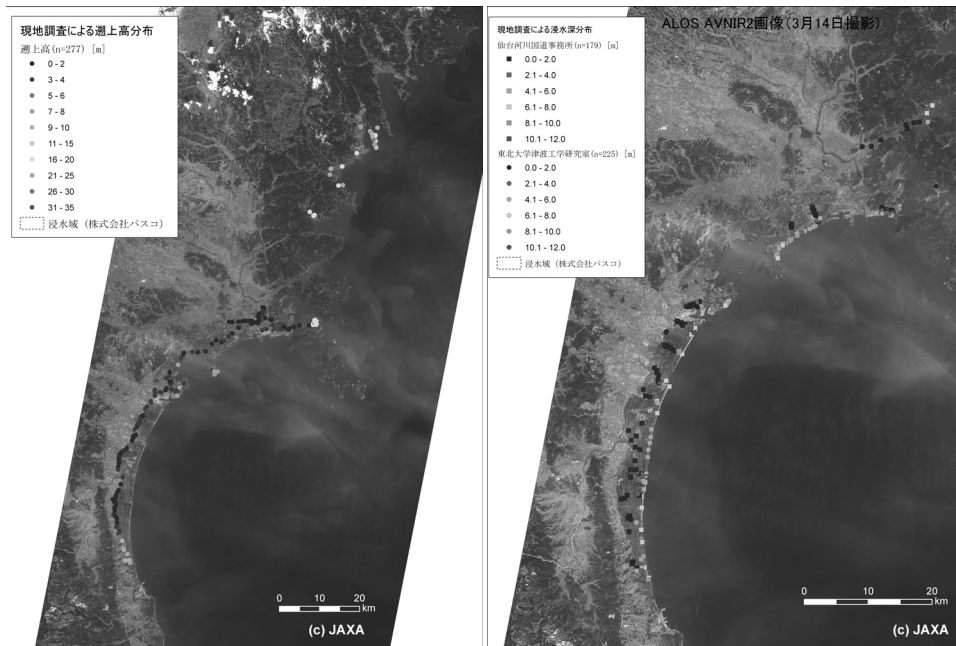


図 1 津波浸水限界および遡上高の測定結果（左：浸水限界の測定点と遡上高の分布、右：浸水深の分布）



図2 津波来襲時のビデオ映像の解析による現地の水位の計測例

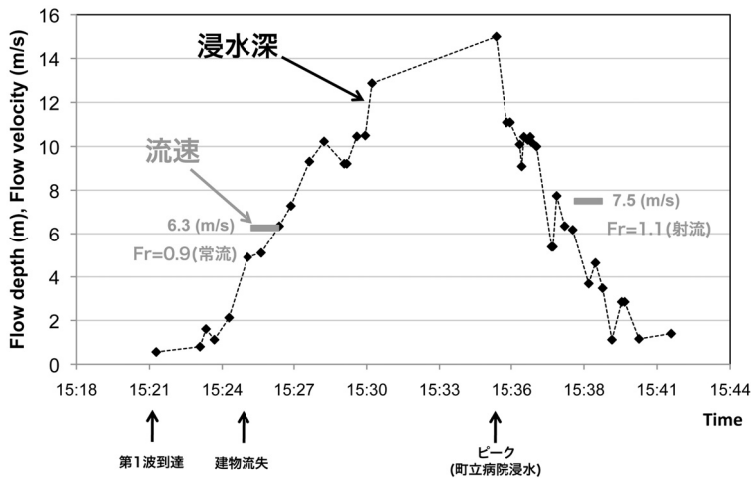


図3 映像解析により得られた女川町の津波状況

の地形、標高や土地利用などの様々な地理的条件や現地調査・シミュレーションによって得られる津波の流体力学的な諸量（浸水深や流速等）と関連づけて考えることで、地域が持つ津波に対する脆弱性が分かる。さらに、復興計画の策定にあたっては、津波被害の実態や地域の脆弱性をきちんと理解し、それらを教訓としてまちづくりに反映させていく必要がある。このような目的のもと、我々は国土地理院が公開している航空写真を用いて建物の流失状況の判読を行った。図4にその一

例を示す²⁾。津波による建物被害の情報（流失の有無）と、浸水深等の現地調査の情報を統合処理することにより、図5に示すような津波被害関数³⁾として建物の脆弱性を明らかにした。今後は、復興計画において想定したまちづくり案や海岸防護施設の配置⁴⁾に基づいて数値シミュレーションを実施し、復興計画におけるゾーニングおよびリスク評価に用いるとともに、今後の東海・東南海・南海地震津波対策に資する、我が国の津波被害予測式を構築することが今後の課題である。



図 4 航空写真の目視判読により得られた建物被害地図

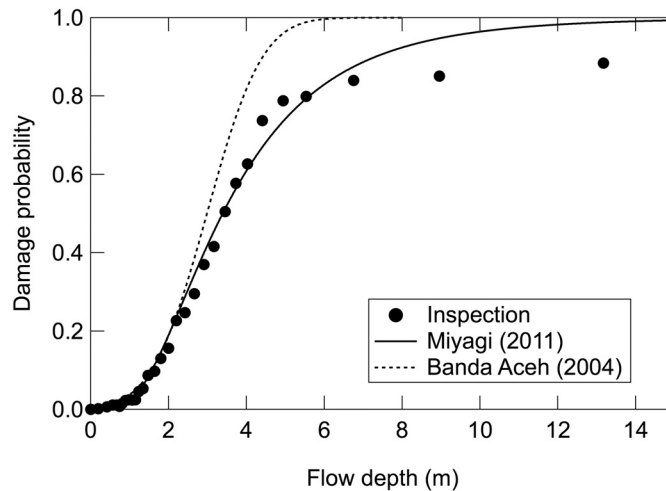


図 5 宮城県における津波被害関数(浸水深に対する建物流失率) ※暫定解析結果⁵⁾。浸水深 2 m を超えると建物流失率は急激に増加する。

謝辞

本研究は、東北大学運営交付金(特別)東北太平洋沿岸における緊急津波実態調査(代表:今村文彦), NEDO 産業技術研究助成事業(08E52010a, 代表:越村俊一)および科学研究費補助金(22681025, 代表:越村俊一)の補助を受けて実施した。また, 建物被害の判読には国土地理院撮影の航空写真を利用して頂いた。住宅地図は, 東京大学・空間情

報科学研究センターとの共同研究の一環で, 株式会社ゼンリンから提供いただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 東北地方太平洋沖地震津波情報共有プラットフォーム(オンライン): <www.tohoku-tsunami.jp>, 2011.
- 2) 越村俊一, 郷右近英臣, 柴山明寛, 今村文彦,

- 2011年東北地方太平洋沖地震津波による建物被害地図（オンライン）：www.tsunami.civil.tohoku.ac.jp/tohoku2011/mapping_damage.html，2011.
- 3) 越村俊一，行谷佑一，柳澤英明：津波被害関数の構築，土木学会論文集 B，Vol.65，No.4，pp.320-331，2009.
- 4) 国土交通省，「設計津波の水位の設定方法等」について ～復興計画策定の基礎となる海岸堤防の高さ決定の基準～，2011. <www.mlit.go.jp/report/press/river03_hh_000361.html>
- 5) 越村俊一，2011年東北地方太平洋沖地震津波 津波被害関数の構築（暫定解析），内閣府中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」資料（オンライン）http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinohon/index_higashi.html