

<b>Title</b>	津波被害軽減のための沿岸域海陸統合詳細地形整備の必要性
<b>Author</b>	原口 強
<b>Citation</b>	都市防災研究論文集. 1 巻, p.13-16.
<b>Issue Date</b>	2014-11
<b>ISSN</b>	2189-0536
<b>Type</b>	Departmental Bulletin Paper
<b>Textversion</b>	Publisher
<b>Publisher</b>	大阪市立大学都市防災研究プロジェクト
<b>Description</b>	
<b>DOI</b>	10.24544/ocu.20191218-006

Placed on: Osaka City University

# 津波被害軽減のための沿岸域海陸統合詳細地形整備の必要性

原口 強

大阪市立大学 大学院理学研究科 e-mail: haraguti@sci.osaka-cu.ac.jp

津波は巨大災害をもたらすが、低頻度でありその情報はきわめて少ない。これを補うのが数値計算で、津波推定の有力な手段である。津波の進行・集中・分散は、海底地形に左右される。2011 東北津波でも、海底地形の影響による浸水域や浸水高に大きな差がある事例が確認された。陸域地形図の整備が急激に進む中、沿岸域の地形図は未整備の地域が多い。今後の津波被害軽減のためには、沿岸海域の水深データの取得と海陸統合詳細地形の整備が緊急の課題である。

Key words : 津波被害軽減, 沿岸地形, 海陸統合詳細地形

## 1. はじめに

津波や土砂災害など自然災害に対する防災の視点では、その土地の成り立ちを知ること、すなわちその土地の災害リスクを知り世代を超えてそのことを語り継ぐことが、そこに住む人々の基本的な防災認識を高める。この際、視覚的に自分の置かれている場所を理解することが重要である。陸地では、自分が谷の出口や急傾斜地に住んでいれば、自ずと異常降雨時に土砂災害リスクが高まることは理解できる。ところが海では、目の前の海面下の地形を直接見ることができない。海図や海底地形図はあるが、海事関係者以外には馴染みがない。このため、その海域のリスクを直感的に感じるができない。地形的に標高が低い場所は津波被害が予想されることは分かっても、海底地形の違いで津波リスクが高まることは判断できない。

東北地方太平洋沖地震が発生し、東日本の太平洋岸を大津波が襲った。三陸沖の GPS 波浪計に記録された津波高に大きな差異はなかったが、実際に沿岸を襲った津波高は、地域ごとに明瞭な差が現れた。これは津波が浅海域で変形し、高さが急激に増したためである。

津波は巨大災害であるが、低頻度であるためにその情報はきわめて少ない。それを補うのが数値計算で、津波推定の有力な手段である。津波の進行・集中・分散は海底地形に左右されるので、計算ではその地形精度が担保されることが重要である。東日本大震災後、南海トラフ巨大地震に伴う津波シミュレーションがなされ、その結果が公表されている。しかし計算の基本となる海域の地形データは、陸域に比べて極端に情報量が少ない。

以上のような背景から、本研究では、まず海底地形の差による津波の増幅特性を示す具体例として、2011 東北津波<sup>1), 2)</sup>での隣接するリアス式海岸の検討結果<sup>3)</sup>を示す。次に日本国内における海域地形データ<sup>4)</sup>や南海トラフの巨大地震津波シミュレーションでの地形メッシュデータ作成方法<sup>5)</sup>をレビューする。これを受け最後に、沿岸海域の水深データの取得と海陸統合詳細地形の整備が焦眉の急を要する課題であることについて述べる。

## 2. 2011 東北津波で確認された隣接するリアス式海岸での検討事例<sup>3)</sup>

岩手県大船渡市門之浜から宮城県南三陸町志津川に至る区間（図 1）を対象に、波形・津波高・浸水域の再現性が良い波源モデル<sup>4)</sup>での津波シミュレーション<sup>3)</sup>が行われた。それぞれ湾の水深 100m 地点から波向き線を仮定した測線を設定し、測線沿いに元の地形位置の水深での津波による最高水位が抽出された。

### (1) 海底地形変化に伴う津波の水位変化<sup>3)</sup>

海底地形の水深変化に伴う津波の水位変化（図 2）をみると、水深 100m では全地点で 8m 程度の水位と、水深 100m 地点での津波水位はほぼ同一であるが、水深が浅くなると、気仙沼以外はすべて急激に上昇している。増幅率は、広田湾、門之浜、陸前小泉で 1.6~1.9 倍、志津川で 2 倍となり、気仙沼では増幅率が 1 以下（図 3）となる。

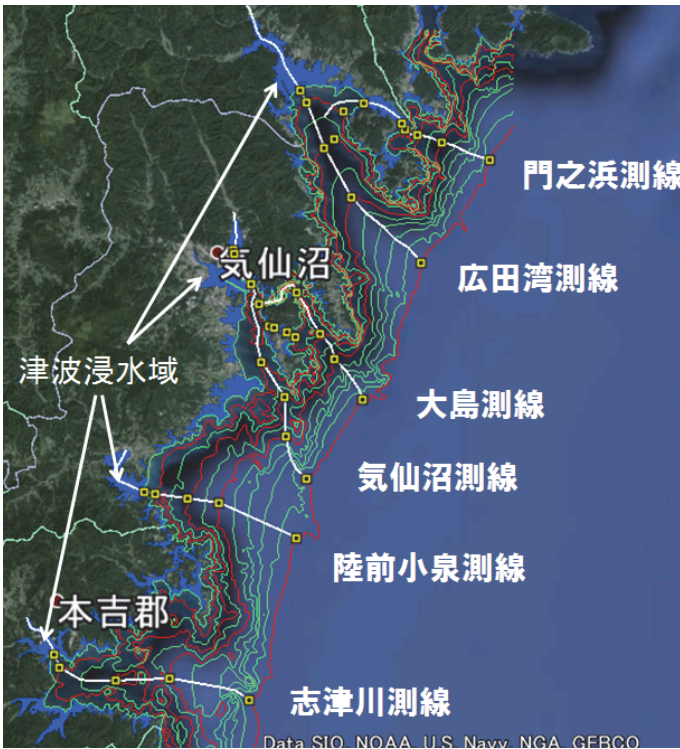


図1 検討区域と測線<sup>3)</sup>

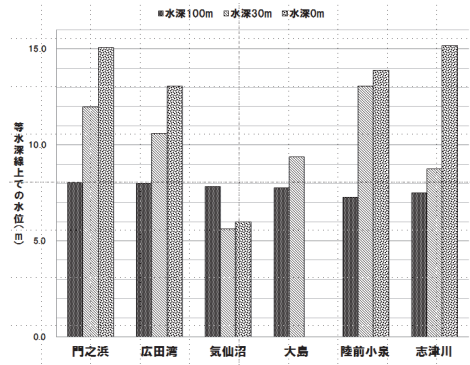


図2 等水深上での津波水位変化<sup>3)</sup>

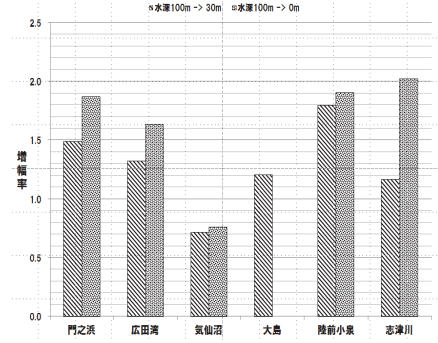


図3 地形変化に伴う津波増幅率<sup>3)</sup>

(2) 気仙沼湾の津波水位の特異性と海底地形<sup>3)</sup>

他の湾の2倍近い増幅率に対して、気仙沼は0.8以下と際立って小さい。この原因として考えられるのが海底地形の影響である。気仙沼西湾を通る海底地形（図4）をみると、湾口部が狭くかつ水深が浅い。この部分が津波の浸入に対して天然の防波堤（潜堤）として機能した結果と推察される。

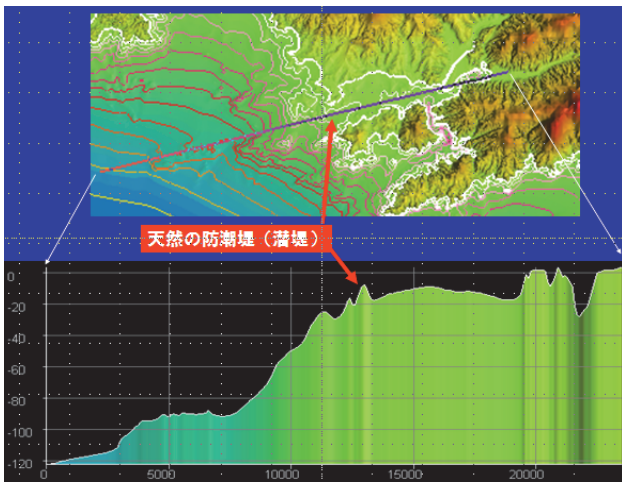


図4 気仙沼湾の海底地形と湾口部の浅瀬<sup>3)</sup>

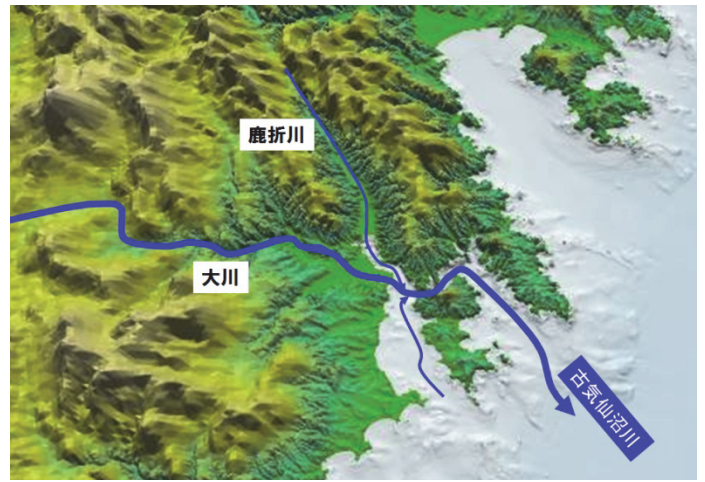


図5 気仙沼湾の古流路<sup>3)</sup>

さらに海底地形を含めた流域地形全体（図5）をみると、鹿折川と大川は気仙沼湾へと流れ込む。海域、特に西湾の海底地形を見ると、湾口部が岩礁地帯となり湾奥部へ向けて次第に深くなる。この結果、海底谷の流路は、西湾口から北流する流路と鹿折川と大川が気仙沼湾へと流れ込む流路が大島瀬戸西部で合流、大島瀬戸を抜けた後、東湾を通り太平洋へ続く。これは現在より100m以上の低海水準期に形成された流路（古気仙沼川）が、気仙沼湾の大枠を決めていることを物語っている。

(3) 沿岸域の海底地形が津波浸水域や浸水高に与える影響

三陸海岸では、津波が高くなることが知られている。特に沖向きにV字型に開いた平面形の湾は、湾奥で津波が

高くなることはよく知られた一般的な知見である。この知見は沿岸域での津波の増幅に関する第一近似としては正しいが、詳細には海底地形の影響を強く受ける。

津波高，浸水域等の実績を考慮した代表的な三陸海岸での津波シミュレーション結果は，沿岸域の海底地形が津波に与える影響は極めて大きいことを示している。水深100m地点の津波水位が汀線では約2倍に増幅している一方で，気仙沼湾では海底地形の影響により津波水位が低減していることも確認された。

このように，2011 東北津波に代表される近地津波では，沿岸域の海底地形が大きく影響していることが示された。これは今後発生が予想される南海トラフ津波においても重要な知見である。

### 3. 海域地形データの整備状況

津波計算に必要な海域地形データとして利用できるものについて，国内の整備状況を整理する。

海域地形データとしては，まず海図がある。海図は航海のためにつくられ，水深，底質，海岸地形，海底危険物，航路標識などが示されている。海図の基準面は，陸図の高さの基準である東京湾平均海面，「T.P.」と異なり，地域ごとに潮汐観測を行い，これより下に海面が下がらない最大干潮時の水面を基準としている。海図とは別に，「沿岸の海の基本図」と「大陸棚の海の基本図」がある。「沿岸の海の基本図」は領海基線の確定による権益確保を主目的として作成される。一方「大陸棚の海の基本図」は，国連海洋法条約にある領海基線より200海里を越えて大陸棚の限界を設定するための要件を満たすための基本図として作成される。こうしたデータはそのまま海域の地形データとして使うことはできない。

誰もが共通に使えるデータとして，日本周辺の500mメッシュ海底地形データ（J-EGG500:JODC-Expert Grid data for Geography）がある。これは各種海洋調査機関によって得られた膨大な量の水深測量データを統合し，等間隔で格子化した水深のデータセットである。しかし，品質の異なるデータや海域による粗密水深データを平滑処理しているため，データ空白域や水深変化が激しい部分では，実際の水深値との差が大きいといった問題点がある。

ところで，わが国では国土地理院によって陸域の地形図が，海上保安庁水路情報部によって海域の地図の整備が進められている。しかしこれらの地図は作成の目的も手法・精度も異なることから，一般には陸域と海域の地形を同じ基準面と精度で統合した地図は存在しない。

### 4. 地形メッシュデータ作成方法の例

表1 陸域の地形メッシュデータの作成に用いた資料<sup>5)</sup>

内閣府の南海トラフの巨大地震モデル検討会<sup>5)</sup>では，津波シミュレーションに必要な地形データを世界測地系の平面直角座標系で作成している。地形データメッシュサイズは，浸水計算するエリアでは10m，それ以外では最小10mで，30m，90m，270m，810m，2430mと設定している。

#### (1) 陸域の地形データ

陸域の地形データは，表1のいずれもDEMデータを基に10mメッシュの地形データを作成されている。作成に際しては，基盤地図情報（国土地理院）を最優先に表1の①⇒⑨の優先度でその地区にある各種のデータを採用している。さらに必要に応じ，海・陸境界の設定を行うと共に河川部の地形データを作成している。この際，各DEMデータの標高基準は東京湾平均海面（T.P.）である。

対象範囲	データ名(番号はデータ使用の優先順位)	メッシュサイズ	作成・整備機関
陸域全体	①基盤地図情報(数値標高モデル:5mレーザ)	5m	国土地理院
	②精密基盤標高データ	5m	
	③河川LPデータ <sup>※</sup> および砂防LPデータ	5m	
	④海岸における3D電子地図	2m	
	⑦基盤地図情報(数値標高モデル:5m写真)	5m	
	⑨基盤地図情報(数値標高モデル:10m)	10m	
	⑤航空レーザ測量(LP)データ(直轄河川)	2m	
⑤航空レーザ測量(LP)データ(海岸域)	2m		
河川・湖沼域のみ	⑤航空レーザ測量(LP)データ(直轄河川)	2m	国土交通省
	河川縦横断測量成果(直轄河川)	—	各都府県
	河川縦横断測量成果(県管理河川)	—	
陸域全体	湖沼図	—	国土地理院
	⑥都府県提供メッシュデータ	50m未満	各都府県
⑧都府県提供メッシュデータ	50m		

※LP:レーザプロファイラーの略

(2) 海域の地形データ

海域の地形データは，表2のデータから海底面の水深（標高）のデジタルデータ（点データ）を作成し，TIN（不整三角形網）によりメッシュ化している．この際，海図および海底地形デジタルデータ（等水深線）は，最低水面（Z0）基準で作成されているため，地域ごとのT.P.とZ0の関係（海図に記載）から水深値を補正している．

表2 海域の地形メッシュデータの作成に用いた資料<sup>5)</sup>

対象範囲	データ名	作成・整備機関	デジタル化の方法	データ属性（基準）
海域	①海図（港泊図） 【縮尺 1/3,000～1/15,000】	海上保安庁	図面の海底面標高の点データを読み取り。	Z0 （最低水面）
	②海底地形デジタルデータ（等水深線） M7000 シリーズ、 M5000 シリーズ 【縮尺 1/50,000 相当】	(財)日本水路協会	標高のラインデータを点データに変換。	Z0 （最低水面）
	③JTOPO30 （日本近海 30 秒グリッド水深データ） 【約 1km×1km グリッド】	(財)日本水路協会	DEM データとして提供されている。	

5. 沿岸海域の水深データの取得と海陸統合詳細地形の整備に関する提言

(1) 沿岸海域の水深データの取得について

津波は海底地形によって大きく変化する．当然，津波計算では沿岸域は水深データも必要である．しかし港湾・漁港およびその近接海域などを除き，水深 20m 未満の沿岸域の水深データが少ない．沿岸域は水深変化が激しく，座礁の危険もあり未調査のことが多いことが原因と考えられる．

ところで沿岸浅海域は，全国レベルで見れば数多くの小型漁船や遊漁船が利用している海域である．こうした小型船は，メーカーが準備した電子海底地形図もあり，魚探で水深をモニターしながら操船している．しかし，まずこのデータは保存されていない．水深データには GPS 位置情報も含まれる．なんとかこれが使えないか．深浅測量用機には及ばないが，十分に活用できる．今後その具体的な活用を，全国レベルで検討していく必要がある．

(2) 海陸統合詳細地形の整備について

我が国では，沿岸域や沖積低地などの津波被災リスクの高い地域を生活圏とする人口は極めて多い．こうした地域は人口も財産も過密に集積しており，津波防災対策は極めて重要である．このため防潮堤をはじめとしたハード対策と，津波避難をはじめとしたソフト対策が津波防災の基本である．例えば，津波計算結果の精緻な 3D 映像は，住民に危機意識をもたせ避難行動を動機付けさせる効果的なツールである．

一方，津波は低頻度巨大災害である．特に低頻度災害であるため，親から子，孫と世代を超えて，その土地の津波災害リスクを受け継ぐことが現実には難しい．これは，我々が目の前の海の中の地形が見えないこと，静穏な海面の中にある海底地形の影響で津波リスクが高まることを意識できないこと，などが背景にあると見られる．

これを解決するには，陸域と海域を統合した詳細地形図が欲しい．現状は沿岸海域の海底地形情報がすぐに誰でも手に入る環境にない．今後はそうした海陸統合地形図が全国規模で整備され，その結果をインターネットを始め様々な手法で簡単に入手できる環境を整備することが必要である．さらに，そうした海底地形形状が津波の増幅に与える影響について絵解きの分かり易い教材の作成とそれらを用いた防災教育が必要である．

参考文献

- 1) 原口 強，岩松 暉（2011）：東日本大震災津波詳細地図（上・下巻），古今書院．
- 2) Mori, N., Takahashi, T., the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Joint Survey Group (299 authors), Nationwide post event survey and analysis of the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami. Coastal Engineering Journal, Vol. 54, DOI: 10.1142/S0578563412500015. 2012
- 3) 原口 強，菅原大助（2013）：2011 東北津波を巨大化させた沿岸沈水地形，平成 25 年度日本応用地質学会研究発表会論文集，名古屋大学，2013 年 10 月 25 日．
- 4) 杉野英治・呉 長江・是永眞理子・根本 信・岩渕洋子，2013，原子力サイトにおける 2011 東北地震津波の検証，日本地震工学会論文集 第 13 巻，第 2 号（特集号），pp. 2-21.
- 5) 内閣府：南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）津波断層モデル編（別添資料）ー地形メッシュデータの作成方法についてー， [http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku/pdf/20120829\\_2nd\\_report03.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku/pdf/20120829_2nd_report03.pdf).