

津波予測の新展開 — 迫り来る津波を捉え予測する —

○林 豊、前田憲二、山崎 明、対馬弘晃(地震火山研究部)、平田賢治(地震火山研究部、客員研究員)

1. はじめに

沿岸へ到達する前に津波を予測するには、津波の波源の推定、伝播の再現、および、予測誤差低減のための沖合津波データ等の活用について、研究を進める必要がある。

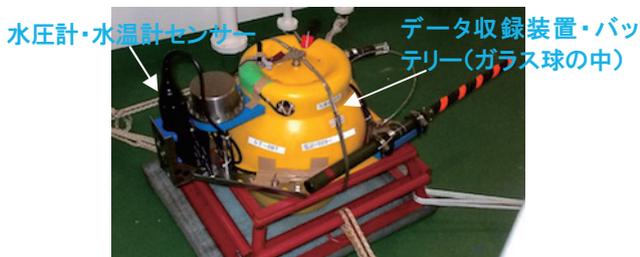
気象研究所地震火山研究部では、これらの三要素をテーマに、津波予測の精度向上を目的として研究を進めている。特に、平成23年3月の東北地方太平洋沖地震津波の大災害を受けて、新しい津波予測の研究成果に対するニーズが一段と増したことから、気象庁の津波予報への実装に向けて予測システムの開発も加速させた。従来の「地震観測による津波予測」から「津波観測による津波予測」への新しい展開を目指した、これら研究成果の概要を紹介する。

2. 「津波観測による津波予測」を目指す研究の概要

2. 1. 沖合で津波を捉える～新型海底水圧計を試作

沖合の水圧計に記録される変動は低周波帯域から順に、静水圧、動水圧、水中音圧の三種類に分けられ、動水圧は地震動の加速度と、水中音圧は地震動の速度とそれぞれ比例関係にあることが観測されている¹⁾。これは、沖合で津波を捉えたデータが活用できるためには、地震動と関係がある高周波成分のノイズをリアルタイムに除去可能な仕様の水圧計で観測される必要があることを示している。

そこで、高分解能の水晶共振式水圧センサー、高精度水温計に高サンプリングデータ収録装置等から成る、新型の自己浮上式海底水圧計を試作した(第1図)。これまでに、東海沖の深海底での実海域動作試験を行い、100Hzの水圧記録を取得可能であることを確認した。



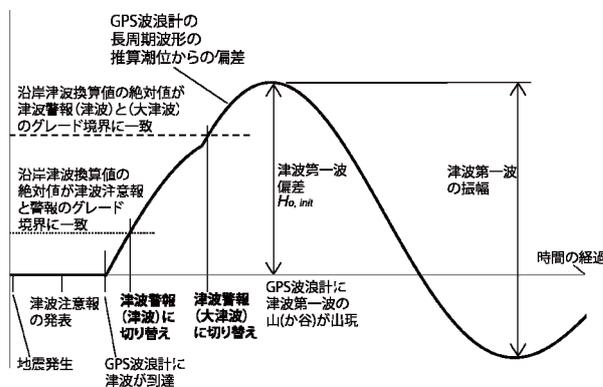
第1図: 試作した自己浮上式海底水圧計

2. 2. 沿岸海域の津波データから津波を予測する～経験的な増幅率を用いる方法

数十～数百km沖合の深海域に設置される水圧計と、海岸の検潮所等の津波高の経験的關係は、観測点の組合せ毎

に導かれているが²⁾、海岸から遠い観測点で得られる津波の振幅だけを用いても、高精度の予測式にはならない。

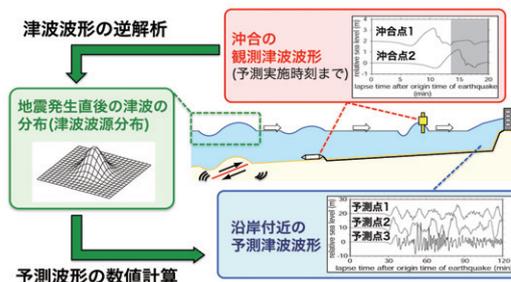
そこで、国土交通省港湾局が港湾施設の沖合数～20kmの沿岸海域に設置したGPS波浪計や水象計と、検潮所等の両方で津波記録が得られた観測例に着目した。これらから、沖合と海岸での観測値、および、観測点の水深の経験的な關係式を導いた³⁾。また、この式でGPS波浪計での津波観測値から海岸の津波高への増幅率を予め推定可能なことを用いて、津波警報の更新に活用する方法を示した(第2図)。



第2図: 増幅率を津波警報の更新に活用する方法の概念⁴⁾

2. 3. より沖合の津波データから津波を予測する～波源の逆解析に基づく方法の開発

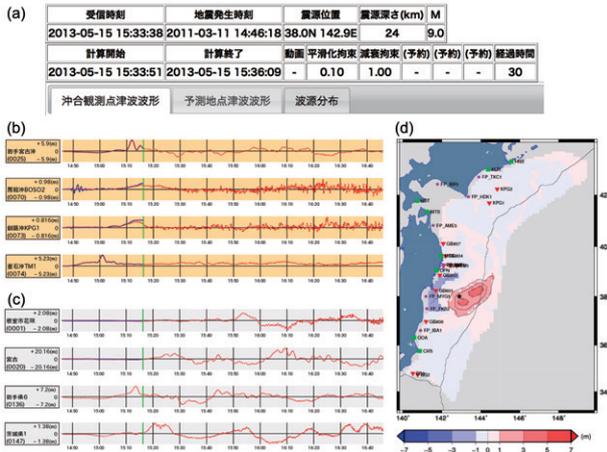
沖合の複数の海底水圧計等の波形データを用いた逆解析により津波波源を推定し、その波源から沿岸の津波波形を数値計算により予測する手法(第3図)を開発した。この手法は、まず、海域に敷き詰めた各小波源について各沖合観測点と各沿岸予測点への津波寄与分である理論津波波形(グリーン関数)群を計算しておく。次に、沖合観測点での観測津波波形を説明する初期波源分布を小波源の組合せとして逆解析で求める。そして、グリーン関数の線形結合を使って沿岸予測点の予測津波波形を求めるものである。



第3図: 沖合津波波形の逆解析による予測手法の概念図

平成23年東北地方太平洋沖地震津波後、この逆解析に基づく予測手法を適用すると、東北地方太平洋沿岸に実際の津波が到来する5分以上前に、同地域へ10m超の大津波が襲来することを予測できる可能性があったことが分かった⁵⁾。

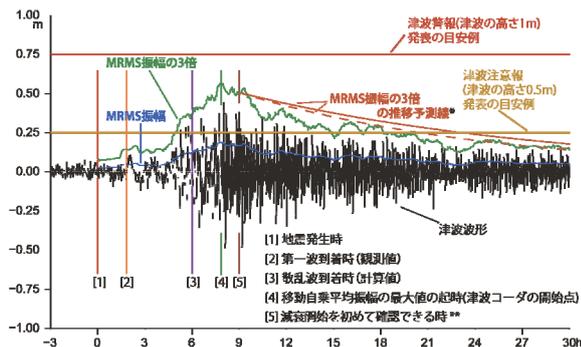
また、仮想的な大地震を想定した津波即時予測の数値実験を通じて、観測点増設が予測精度向上に効果的なこと⁶⁾、なども分かり、沖合津波波形の逆解析に基づく津波予測手法については、近い将来の気象庁における津波予報業務への実装を念頭に、プロトタイプシステム⁷⁾を構築した(第4図)。



第4図: 沖合津波観測データ同化システムのプロトタイプの予測出力画面例⁷⁾ a)パラメータ、b)沖合観測点の波形(赤: 予測と青: 観測)、c)沿岸予測点の波形、d)推定した初期波源

2. 4. 津波が到達後の予測～津波の減衰を予測する

気象庁の検潮所での潮位観測データを用いて、津波の減衰過程(コーダ部)の特性を系統的に解析した。その結果、津波のコーダ部で移動自乗平均(MRMS)振幅が、遠地津波では海域毎に異なる時定数で指数関数的に減少すると近似できる一般的特徴が見出された。また、MRMS振幅の3倍以上の半振幅の波が稀にしか出現しない性質と組み合わせることで、最大波を記録した後は、津波警報を解除できるタイミングを予告する情報発表が可能であることを示した(第5図)。この方法は、遠地津波予報の改善のために2012年6月に気象庁が導入した津波評価・解析装置に組み込まれている。



第5図: 津波の減衰予測の概念図⁸⁾

3. まとめ

一連の「津波観測による津波予測」に係る研究・開発を行ってきた。このうち、沖合の津波観測データを活用して、経験的な増幅率による手法と、波形逆解析による津波予測手法は、既存の比較的少数の沖合の観測データの活用を念頭に置いた即時津波予測手法である。沖合の地震津波観測網の整備が進めば、多くの観測データが利用できることから、今後は、大量の観測データ処理に対応した手法の改良や新手法の開発を目指す。また、津波の減衰予測では最大波観測前の段階から適用可能な手法に改良することで、津波警報の解除のタイミングの改善に貢献することを目指す。

参考文献

- 1) 松本浩幸, 林豊, 金田義行, 2012: 海底津波計のリアルタイム観測データに含まれる水圧擾乱の特性. *土木工学論文集B2(海岸工学)*, B2-68(2), L391-L395.
- 2) 高山寛美, 2008: 沖合と沿岸の津波の最大波高の統計的関係. *気象研究所研究報告*, 59, 83-95.
- 3) Hayashi, Y., 2010: Empirical relationship of tsunami height between offshore and coastal stations. *Earth Planets Space*, 62, 269-275.
- 4) 林豊, 2010: GPS波浪計の長周期波形観測値による沿岸津波換算値を活用した津波即時情報. *自然災害科学*, 29, 381-391.
- 5) Tsushima, H., K. Hirata, Y. Hayashi, Y. Tanioka, K. Kimura, S. Sakai, M. Shinohara, T. Kanazawa, R. Hino, and K. Maeda, 2011: Near-field tsunami forecasting using offshore tsunami data from the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. *Earth Planets Space*, 63, 821-826.
- 6) 対馬弘晃, 平田賢治, 林豊, 前田憲二, 尾崎友亮, 2012: 沖合津波観測点配置の違いが逆解析に基づく近地津波予測の精度に与える影響. *土木工学論文集B2(海岸工学)*, B2-68(2), L211-L215.
- 7) 対馬弘晃, 林豊, 前田憲二, 横田崇, 川上博隆, 平田怜, 吉村健二, 遠藤清隆, 木田洋祐, 2013: 沖合津波観測データ同化システムの開発. *土木工学論文集B2(海岸工学)*, B2-69(2), L446-L450.
- 8) 林豊, 越村俊一, 今村文彦, 2011: 遠地地震津波の減衰予測のためのMRMS振幅の時間減衰モデル. *土木工学論文集B2(海岸工学)*, B2-67(2), L216-L220.

本研究は、重点研究「沖合・沿岸津波観測等による津波の高精度予測に関する研究(平成21～25年度)」として行われたものである。(研究代表者: 前田憲二、研究分担者: 平田賢治、林豊、対馬弘晃、山崎明、中田健嗣、新原俊樹、南雅晃、上野俊洋)