

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震に伴う津波と津波即時予測の研究

○対馬弘晃、林 豊、平田賢治、前田憲二(地震火山研究部)

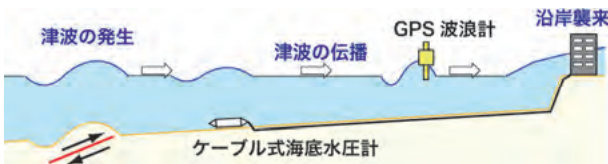
1. はじめに

平成23年(2011年)3月11日の14時46分頃、宮城県沖を震源とするモーメント・マグニチュード9.0の東北地方太平洋沖地震が発生した。この地震により、巨大な津波が生じ、東北地方の太平洋沿岸をはじめとした広い地域に押し寄せた。その結果、死者・行方不明者はあわせて約2万人、さらには多数の家屋が流失するなど甚大な被害を受けた。本報告では、この巨大地震・津波の発生を受けて、地震火山研究部で実施した観測調査・データ解析等のうち、津波に関する3つの調査・研究について紹介する。

2. 東北地方太平洋沖地震津波

2. 1. 津波波源域の推定

地震による断層運動などに伴って海底が隆起・沈降すると、その上の海水が上下変位し、重力の影響で変動が四方八方に伝わっていく、これが津波である(第1図)。

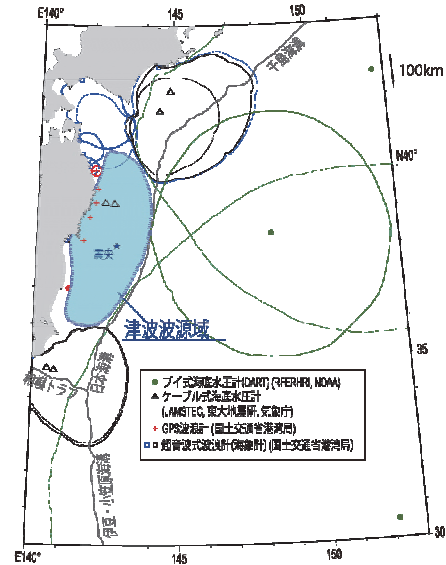


第1図: 津波発生から沿岸に襲来するまでの様子 の概念図。

海底の変動域(もしくは海面の初期変位場)が広いほど、初期に蓄えられる津波エネルギーが大きくなるため、津波としての規模は大きい。逆に言えば、発生した津波の規模を把握する上で、海面初期変位場すなわち津波波源域の広がりを調べることは有効な手段の一つである。

Hayashi *et al.* (2011)は、沖合及び沿岸の津波観測点で記録された津波の到着時刻から逆算して、津波波源域の広がりを推定した。津波が地震と同時に発生したと仮定すると、海底地形から求まる津波の伝わる速さと、ある観測点での記録から読み取った津波の到着時刻を用いて、津波発生源の位置を観測点から逆にたどることができる。この原理に基づく見積もりでは、東北地方太平洋沖地震の津波波源域は、岩手県沖から茨城県沖にかけて、南北に約500 kmの長さ、東西に約200 kmの幅を持つ広範囲に及んでいた(第2図)。こうした結果は、地震波や地殻変動などの他のデータから求まる断

層すべり分布との比較等を通じて、東北地方太平洋沖地震の震源像の解明に活用されている。



第2図: 東北地方太平洋沖地震の津波波源域。各津波観測点から津波発生源への逆算に用いた曲線で囲まれる水色の領域が、推定された波源域に相当する。

2. 2. 津波浸水痕跡の現地調査

被災した沿岸地域に赴き、現地での津波の痕跡を調べることは、今回の巨大津波が沿岸地域でどのように振る舞い、被害が生じたのかを知る上での重要な手がかりになる。また、そこで得られた知見は、将来発生するかもしれない津波による被害と、その軽減策を考える上での助けになる。

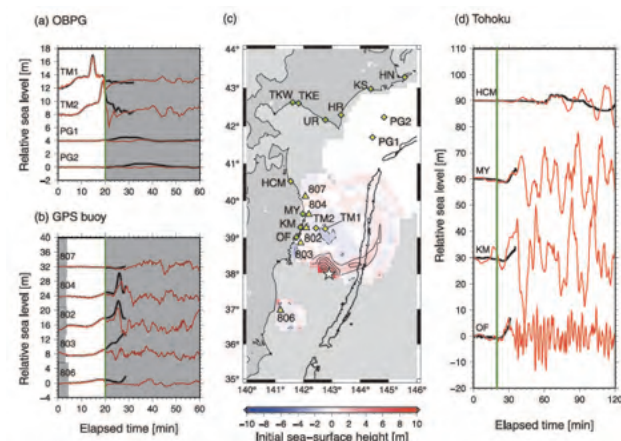
東北地方太平洋沖地震による津波で被災した沿岸地域は広域に及ぶ。そのため、東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループが結成され、多くの機関が情報交換・連携しながら調査が進められた(<http://www.coastal.jp/ttjt/>)。気象研究所は、被災地での人命救助活動の進捗と物流回復を待って、気象庁本庁及び各地気象台との分担、他研究機関の調査地域との重複の回避を考慮しつつ、茨城県と千葉県の一部の現地調査を担当した。3~4月の現地調査では、津波の目撃者からの聞き取り、写真資料等の収集、光波測距儀等を用いた津波痕跡位置の測量を行った。こうして得られた調査結果は、合同調査グループにより取りまとめられ(The 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Joint Survey Group, 2011)、沿岸地域における津波挙動の解明等に活用されている。

2. 3. 津波即時予測実験

津波注警報の精度を向上させる上で、沿岸に来るより前に津波を観測しうる沖合津波観測のデータを活用することは有効である(第1図)。実際、東北地方太平洋沖地震の際には、ケーブル式海底水圧計やGPS波浪計等の沖合観測点において、津波が早期に捉えられた。

地震火山研究部では、平成21年度から5年計画で開始した重点研究「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」において、沖合の津波観測記録から沿岸における津波を即時に予測する手法(例えば、Tsushima *et al.*, 2009; 林, 2010)等の開発を進めてきた。地震発生当時、各手法の根幹部分は既に完成していたものの、残念ながら実運用には至っていなかった。ここでは、それらの要素技術のうちの一つを東北地方太平洋沖地震の実記録に適用し、その性能を検証した結果を紹介する。

ここで紹介する津波即時予測手法では、沖合で観測される津波の時系列データ(津波波形)を適切に説明する初期水位変動分布を逆解析により求め、その分布に基づいて沿岸付近の津波波形を予測するものである。この予測手法を、東北地方太平洋沖地震発生後20分の段階で得られる沖合津波波形に適用した結果、津波被害が特に甚大であった三陸海岸において高さ5~10 mに及ぶ津波が予測された(第3図)。これらの検潮所で津波に伴う水位上昇が1 mを超え始めるのは地震後25分であるため、こうした予測結果は、早期の津波警報更新に役立つ可能性がある。



第3図: 東北地方太平洋沖地震発生後20分の段階で得られる沖合津波記録の解析に基づく津波予測結果(Tsushima *et al.*, 2011)。(a)、(b)沖合津波観測点における観測波形(黒線)と計算波形(赤線)の比較。(c)推定された初期水位分布。赤色が隆起、青色が沈降を示す。等値線の間隔は、1 m。(d)三陸海岸の沿岸津波観測点における観測波形(黒線)と予測波形(赤線)の比較。(a)、(b)、(d)の緑線は、予測計算を実施する時刻を示す。

3. まとめ

東北地方太平洋沖地震の発生を受けて、震源像の解明及び津波被害の把握のための緊急的な解析・調査を実施した。また、これまで開発を進めてきた津波即時予測手法を、東北地方太平洋沖地震の実記録に適用し、その有効性を示すことができた。今後は、現在の重点研究をより一層加速させ、津波予測のさらなる高精度化を目指す。

謝辞

津波波形記録については、国土交通省港湾局・港湾空港技術研究所、東京大学地震研究所、海洋研究開発機構、海上保安庁、気象庁、米国海洋大気庁(NOAA)、ロシア極東水文気象研究所(RFERHRI)から提供いただきました。津波解析においては、北海道大学の谷岡勇市郎教授、東北大学の日野亮太准教授にご助言をいただきました。記してお礼申し上げます。

参考文献

- (1) The 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Joint Survey Group, 2011: Nationwide field survey of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake tsunami, *土木学会論文集B2(海岸工学)*, **67**, No.1, 63-66.
- (2) 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.
- (3) Hayashi, Y., H. Tsushima, K. Hirata, K. Kimura, and K. Maeda, 2011: Tsunami source area of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake determined from tsunami arrival times at offshore observation stations, *Earth Planets Space*, **63**, 809-813.
- (4) Tsushima, H., R. Hino, H. Fujimoto, Y. Tanioka, and F. Imamura, 2009: Near-field tsunami forecasting from cabled ocean bottom pressure data, *J. Geophys. Res.*, **114**, B06309, doi:10.1029/2008JB005988.
- (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.

※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)」(研究代表者: 前田憲二、研究分担者: 平田賢治、林 豊、舩馬弘晃(地震火山研究部)、中田健嗣(地震津波監視課))として行われた。