

日本海沿岸部で観測された短周期前駆津波：序論

東濃地震科学研究所客員研究員・富山県立大学客員教授 川崎一朗

●短周期前駆津波

東北地震発生後1分から2分の間に、周期100秒~200秒、振幅数mの巨大地震波が東北地方を襲った。それからほぼ30分後、10mを越える巨大津波が三陸沿岸各地を襲い、2万人に近い犠牲者を出した。約1時間後には2mを越える大津波が下北半島北側のむつ市関根浜を襲い、約1時間半後に1.5m程の大津波が函館に到達した。

東北地震発生から2分から3分後、周期100秒~200秒の巨大地震波が日本海沿岸部を襲った。その振幅は、酒田で1.5mほど、新潟で1mほど、富山で50cmほど(図1)であった。

不思議なことに、日本海沿岸各地で、巨大地震波到達直後から数時間のあいだに、次の2種類の潮位変動が生じた。これらを、本稿では、前駆津波と呼ぶ。それは、巨大津波が函館に到達する前に生じたので、太平洋から津軽海峡を通過してきた津波ではなく、日本海で生じた津波である。

(短周期前駆津波) 巨大地震波到達と同時に発生した、振幅10cmから30m、周期100秒ほどの数サイクルの潮位変動(図1の下端のトレース)。

(長周期前駆津波) 短周期前駆津波に続いて起こった、同程度の振幅の周期50分ほどの潮位変動。

Murotani et al. (2015)は、数値シミュレーションによって、長周期前駆津波の原因が、東北地震の地殻変動が日本海に及んだ最大5cmほどの地殻変動上下成分によって生じたことを示した。短周期前駆津波については、巨大地震動の水平成分によって励起されたものと推定した。

なお、富山検潮所では周期2時間ほど、振幅10cmほどの潮位変動が1日近く続いたが、これは富山湾の固有振動と考えられている(河合・他、2016)。



図1 富山検潮所の場所(+)。
国土地理院の電子地図に加筆。

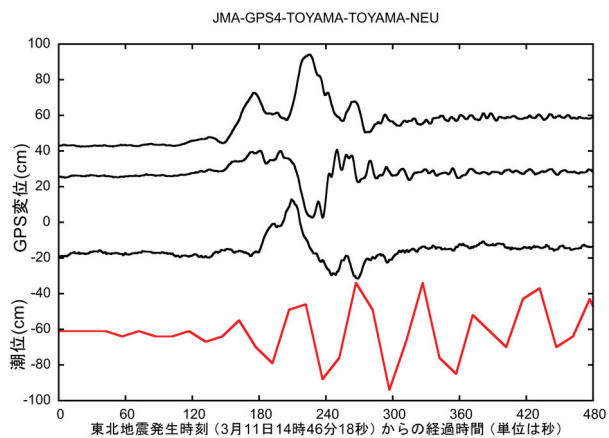


図2 富山検潮所の潮位記録(赤)とGPS記録(黒)。

●津波記録とGPS 1秒サンプリング変位記録との比較

気象庁の15秒サンプリングの津波記録とGPS 1秒サンプリング変位記録を比較すると、日本海沿岸部の短周期前駆津波の特徴は次のように箇条書きできる。

(a) 富山検潮所、新潟巨大津波計、酒田巨大津波計など、河口内などの閉鎖的な観測点環境で生じた。佐渡市鷲崎津波計や能登半島先端の珠洲市長橋津波計など、外海に向かって開放的な観測点環境の場所では生じていなかった。

(b) 周期はGPS変位記録の卓越周期とほぼ同じ50秒程度。

(c) 振幅はGPS変位記録の水平成分の3分の1程度。

(d) 最初の1～2サイクルほどの波形は、GPS変位記録の水平成分の波形と良いピーク・ピークの対応をしているように見える。しかし、いずれのタイプの潮位記録もサンプリング間隔が15秒で、特に酒田や新潟などの巨大津波計の場合は振幅の分解能が10cmなので、厳密なことは不明。

●東京、名古屋、大阪の潮位記録

東京晴海検潮所では、到達した巨大地震波の振幅が最大値の1mに達し、潮位変化が10cmを越えた頃に、記録が途絶えた。

名古屋検潮所（名古屋港）では、幅50秒～60秒、振幅25cmのパルス状の巨大地震波到達と同時に10cmほどの潮位変化が生じ、3時間後に、震源域からやってきた周期1時間、振幅1mの大津波が出現した。

大阪天保山検潮所（場所は図3）と洲本津波計の潮位記録（図4）の比較から次のことがわかる。

(1) 短周期前駆津波は、開放的な観測点環境の洲本津波計ではほとんど見られず、大阪天保山では、(b)と(c)と同じ特徴を示す。

(2) 洲本には、東北地震発生2時間半後に、震源域からやって来た、振幅20cm～30cm、周期ほぼ1時間の津波が到達し、数時間継続した。

(3) 大阪天保山には、洲本から1時間遅れて、周期1時間、振幅50cmの津波が到達し、数時間継続した。



図3 大阪天保山検潮所の場所 (+)。国土地理院の電子地図による。

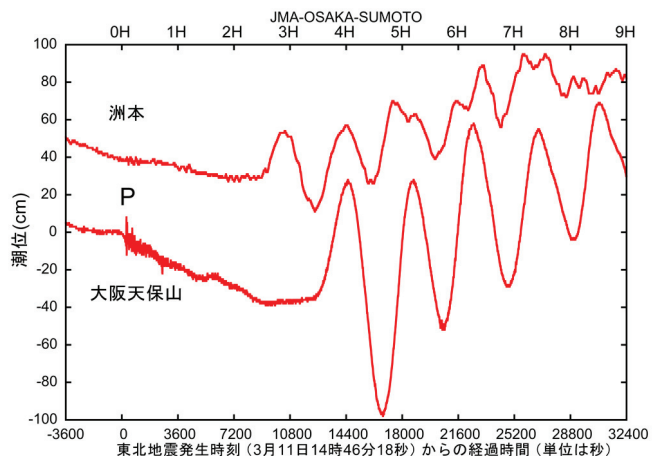


図4 大阪天保山と洲本の潮位記録。

●短周期前駆津波発生メカニズム

波長数100kmの巨大地震波が到達すると、その上下成分に対しては、海水は海底面と一体となって動くであろう。

地震動の水平成分に対してどのように反応するかは微妙である。

海底面が水平の場合、海水とのあいだにほとんど摩擦が無いので、海水は反応しない。

海底面が傾斜している場合、海底面が海側に向かう動きをするときには海水は押し上げられ上昇し、海底面が陸側に動くときには海水は低下する。富山検潮所、新潟巨大津波計、酒田巨大津波計など、河口の中の閉鎖的な環境にある場合は、海底面の動きに従って狭い場所の両側で上昇と低下が生じ、潮位計が開放的な環境に設置されている場合に比べて大きな潮位変動になるものと思われる。

この様に海底面の運動の水平動によって強制的に生じる潮位変化を慣性津波と呼ぶことにする。

●防災への意義

日本海沿岸部や、太平洋岸の名古屋や大阪では、巨大地震波の変位速度が $\sim 1\text{cm/s}$ 程度で、GPS変位の3分の1程度の前駆津波が生じた。波形の形が異なるので同じ比較は出来ないが、あえて比較すると、三陸沿岸部では、 $\sim 10\text{cm/s}$ 程度の変位速度で最大50cmほどの前駆津波が生じた。

呉羽山断層は陸地では富山市を縦断し、北東に向かって10kmほど富山湾に延びている。もしここで地震が起こると、断層線近傍の地震動は100cm/秒近くになるであろう。断層線近傍では相当衝撃的な津波になる可能性がある。

ただし、今まで、その様な観測事例もなく、ましてや理論的研究もないので、可能性以上のことは言えそうもない。

とはいえ、富山湾では、寄り回り波によって防潮堤のケーソンが破壊されたり、防潮堤の一部が崩れたり被害が生じた。また、伊勢湾では、老朽化した防潮堤が津波で崩壊する危険も指摘されている（読売新聞2012年1月5日）。富山湾も同様であろう。呉羽山断層線が海岸線と交差している岩瀬周辺では、地震の断層ずれによって堤防が破壊され、それに衝撃的な慣性津波が加わって、被害を拡大させる潜在リスクが存在すると考えることが出来る。

首都圏直下型地震の場合、たとえ横ずれ型断層の場合でも、直上では1m規模の慣性津波が生じ、大型工場などの被害を拡大させることが危惧される。

謝辞

潮位記録を提供して頂いた気象庁に感謝いたします。東濃地震科学研究所の古本博士をはじめとして、議論の相手をして頂き、アドバイスを頂いた多くの方々に感謝いたします。

参考文献

河合雅司・北村康司・後藤佑介・川口清司、富山湾沿岸における長周期水位変動について、日本航海学会論文集、135、19～26、2016.

Murotani, S., M. Iwai, K. Satake, G. Shevchenko and A. Loskutov, Tsunami Forerunner of the 2011 Tohoku Earthquake Observed in the Sea of Japan, *Pure Appl. Geophys.*, 172, 683–697, 2015/DOI10.1007/s00024-014-1006-5.

読売新聞2012年1月5日「堤防老朽化 津波で崩壊も」.