

観測に基づいた津波エネルギー減衰の周期依存性 - 2011 年東北地方太平洋沖地震の事例 -

東北大学 学生会員 ○田野邊 睦 東北大学 正会員 今井健太郎
気象研究所 正会員 林 豊 東北大学 正会員 今村 文彦

1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震により、東北地方沿岸地域をはじめとした広い地域で甚大な被害が発生した。このような巨大地震の際には、陸上交通網が寸断される可能性は十分考えられ、救援経路としての海路の安全確保は重要な課題であるといえる。地震発生から早期に海路の安全確保を行うためにも、津波の減衰過程を正確に把握することは重要である。加えて、津波収束を判断する明確で科学的な基準は未だ存在していないのも現状である(林ら, 2010)。

本研究では、2011 年東北地方太平洋沖地震で観測された津波波形を用いて、津波減衰過程の特徴を津波到達時間と、移動自乗平均振幅の最大値発現時間との関連を明らかにし、加えて、観測波形の各周期帯におけるその特徴を示すことを目的とする。

2. 解析に使用した津波観測波形

2011 年東北地方太平洋沖地震による津波観測波形(気象庁, NOWPHAS, 国土地理院)のうち、日本列島太平洋沿岸および沖合で観測されたものから 20 点(図-1)を解析対象とした。計測間隔は 30 s に統一し、さらに、潮汐成分除去のため、128 min のハイパスフィルターを用いて、津波成分を抽出した。

3. 解析方法

観測点毎に津波の振幅は大きく異なるため、観測波形の正規化を行った。その基準としては、式(1)で表される移動自乗平均振幅の最大値を用いた。

$$M(t) = \sqrt{\int_{t-w/2}^{t+w/2} \eta(x)^2 dx / w} \quad (1)$$

$$\eta'(t) = \eta(t) / 2M_{\max} \quad (2)$$

ここで、 t は地震発生からの経過時間、 $M(t)$ は t における移動自乗平均振幅、 w は移動平均の窓幅、 $\eta(t)$ は t における観測された水位、 $\eta'(t)$ は正規化津波振幅、 $M_{\max}$ は $M(t)$ の最大値、 T_L は地震発生時から第一波の最大が観測されるまでの時間、 T_m は $M_{\max}$ の発現時間、 T_L は T_m と T_L の差である(図-2)。

津波は様々な周期の波を含んでおり、周期毎にその減衰

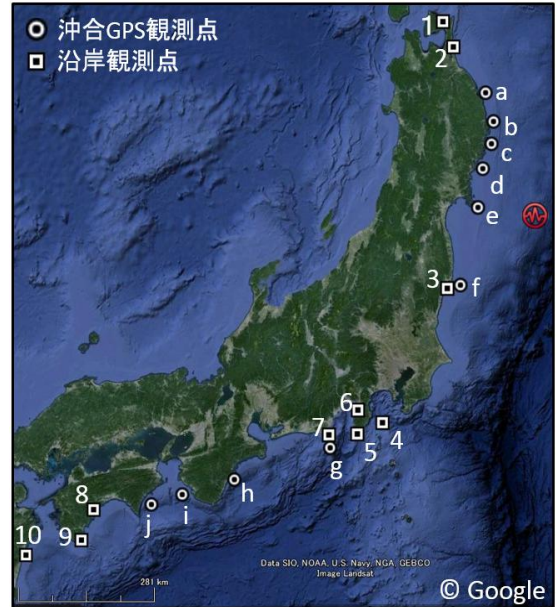


図-1 利用した観測点の位置

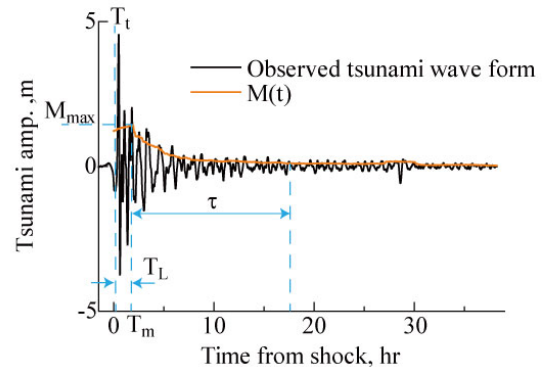


図-2 観測点 f での観測波形, $M(t)$, 及び記号の定義

過程も異なることが示唆されているため(Rabinovich ら, 2013), 潮汐を除いた波形に加えて、2-16 min, 16-32 min, 32-64 min, 64-128 min のバンドパスフィルター(以下, bp)を用いてフィルタリング処理を施した波形を用いた。これらの各周期帯から移動自乗平均振幅を算出し、林ら(2010)の方法を用い解析処理を行い、移動自乗平均振幅の最大値以降の時間変化について、式(3)で定義される減衰係数を求めた。

$$M(t) = ke^{-t/\tau} \quad (3)$$

ここで k は観測点毎の比例定数、 e は自然対数の底、 τ

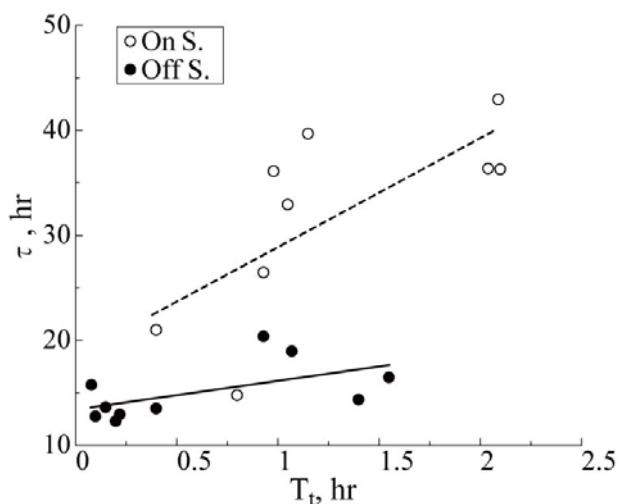


図-3 T_L と τ の関係

は時定数である。 τ は平均的な振幅が $1/e$ に減ずるのに要する時間という意味を持つ (林ら, 2010)。

4. 解析結果

(1) 各観測点における τ の特性

潮汐を除いた周期帯における各観測点の τ と T_L の関係を図-3に示す。図中のOn S.は沿岸, Off S.は沖合の観測点を示す。沿岸・沖合に関わらず, τ と T_L は正の相関にあることがわかる。 T_L が長くなるにつれて, 海底構造の影響が大きくなり, 伝播経路が複雑となるためにこのような傾向となったことが考えられる。また, 沖合と沿岸の観測点を比較すると, 沿岸観測点の方が τ より長くなる傾向にある。これは沿岸観測点近傍のローカルな湾構造に起因した副振動の影響によるものと考えられる。

(2) 各周期帯における τ の特性

フィルタリング処理を施した各周期帯の波形における T_L と τ の関係を図-4に示す。図-3と同様に, 沿岸・沖合に関わらず τ と T_L は正の相関にあり, 大局的な傾向としては, 短周期成分よりも長周期成分の方が τ は長くなるようである。図-5に, 各周期帯における T_L と τ の関係を示す。 T_L が5 hr以下の場合では, 沿岸観測点における64-128 minの波形成分については τ が長くなる傾向が見られた。一方で沖合観測点においては, τ は10-30 hr以下であった。

5. 結論

本研究では, 2011年東北地方太平洋沖地震時の津波波形を用い解析を行い, 津波エネルギーの減衰過程を特徴付ける要因について検討を行い下記の結果が得られた。

- ①沿岸・沖合に関わらず, τ と T_L は正の相関にあり, 沿岸観測点の方が τ より長くなる傾向にある。
- ②大局的な傾向としては, 短周期成分よりも長周期成分の方が τ は長くなる。

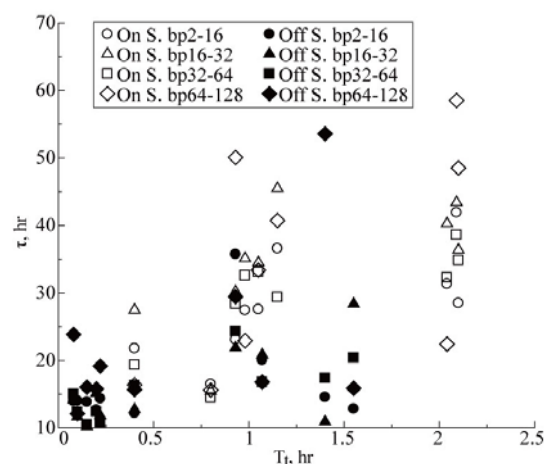


図-4 各周期帯の T_L と τ の関係

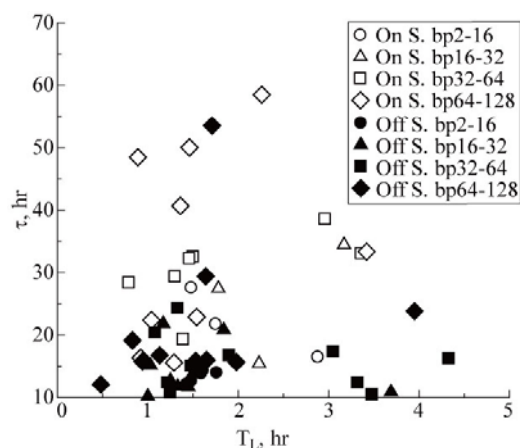


図-5 各周期帯の T_L と τ の関係

- ③ T_L が5 hr以下の場合, 沿岸観測点の長周期成分は沖合と比べ τ が長くなる。

今後は, 沿岸の津波減衰に関して個々の観測点を持つ特徴が, どの要素によって励起されるか検討を行う必要がある。また, 本研究で扱った事例は一つのみであるため, 今回得られた結果は, 2011年のイベントに依存している可能性が考えられる。そのため複数の津波イベントを対象として同様の解析を行うことが必要である。

謝辞: 本研究で用いた津波観測波形は気象庁, 国土交通省, 国土地理院から提供頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 林豊, 今村文彦, 越村俊一(2010): 津波減衰過程のトレンドとばらつきの性質の遠地津波予測への活用可能性, 土木学会論文集B2 (海岸工学), B2-66(1), 211-215.
- 2) Alexander. B. Rabinovich, Rogerio. N. Candella, Richard E. Thomsom (2013): The open ocean energy decay of three recent trans-Pacific tsunamis, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, 40, 3157-3162, doi:10.1002/grl.50625.