

観測データに基づいた日本列島太平洋沿岸の津波減衰過程に関する一考察

東北大学大学院 学生会員 ○田野邊 睦 東北大学災害科学国際研究所 正会員 今井 健太郎
気象研究所 正会員 林 豊 東北大学災害科学国際研究所 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、東北地方をはじめとして甚大な被害が発生した。特に、沿岸部の道路交通網には、強震動被害・津波による損傷・瓦礫堆積により一時的な寸断・閉塞が生じた。このような状況を踏まえると、陸路が復旧するまでの間、救命・救急や救援の活動経路としての海路はきわめて重要な役割を担うと考えられるが、津波来襲時には利用できない。そのため、津波の来襲から減衰までの時間を正確に把握する必要性が指摘されている。

本研究では、津波の終息を判断するための明確で科学的な基準の策定を目指し、2010年チリ中部地震及び2011年東北地方太平洋沖地震による津波観測波形を用いて日本列島太平洋沿岸における津波減衰過程の特徴とその因子について検討することを目的とする。

2. 解析対象

本研究は波源位置の違いが減衰にもたらす影響をみるため、同規模で震央位置の異なる2010年チリ中部沖地震、2011年東北地方太平洋沖地震を対象とした。二つの事例における津波観測波形の中から日本列島太平洋沿岸部で観測された任意の42箇所(図-1)を選択し、解析対象とした。観測データの計測間隔は30sに統一し、さらに、2-128min(以下、この周期帯をbp0と称す)のバンドパスフィルタを用い、潮汐成分を除いた津波シグナルを解析に使用した。

3. 解析方法

津波は周期毎に減衰過程が異なることが示唆されているため^{1,2}、2-16min、16-32min、32-64min、64-128min(以下、各々の周期帯をbp1、bp2、bp3、bp4と称す)のバンドパスフィルタ処理を施し、任意の周期帯毎に分割した波形を解析に用いた。林ら³の方法に倣い、各周期帯から式(2)で表される移動自乗平均振幅を算出し、その最大値以降に対し式(3)で定義される減衰関数を最小二乗法により求めた。

$$M'(t) = \sqrt{\int_{t-w/2}^{t+w/2} h(t)^2 dt / w} \quad (1)$$

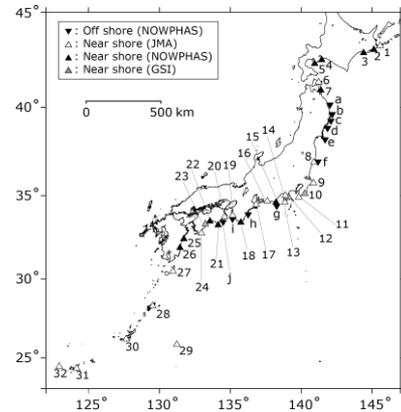


図-1 解析に利用した観測点

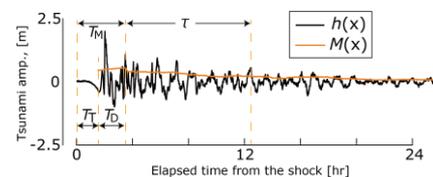


図-2 観測点fの観測波形(2011年)、 $M(t)$ 及び記号の定義

$$M(t) = \sqrt{M'(t)^2 - M_{BGL}^2} \quad (2)$$

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

ここで、 t は地震発生からの経過時間、 $h(t)$ は時刻における水位、 w は移動平均の窓幅、 $M'(t)$ は基底ノイズを含んだ時刻 t における移動自乗平均振幅、 M_{BGL} は基底ノイズの移動自乗平均振幅、 $M(t)$ は時刻における津波シグナルの移動自乗平均振幅、 k は観測点毎の比例係数、 e は自然対数の底、 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ち、減衰時定数と称する。

また、 M_{max} を $M(t)$ の最大値、 T_T を地震発生から第一波到達までの時間、 T_M は第一波到達から M_{max} が観測されるまでの時間、 T_D は T_M と T_T の差で波高増幅時間と称す(図-2)。

4. 解析結果

(1) T_T と τ の関係

T_T と τ の関係を図-3に示す。図中の破線は T_T と τ のトレンドを示している。図-3(a)ではbp0からbp4において、 T_T の増加に従って τ も増加する傾向にある。また、沿岸と沖合で T_T が同程度の場合、 τ は同程度である。

キーワード：津波、減衰、観測波形、周期特性

連絡先：〒980-0845 仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1 E305 TEL-752-2089

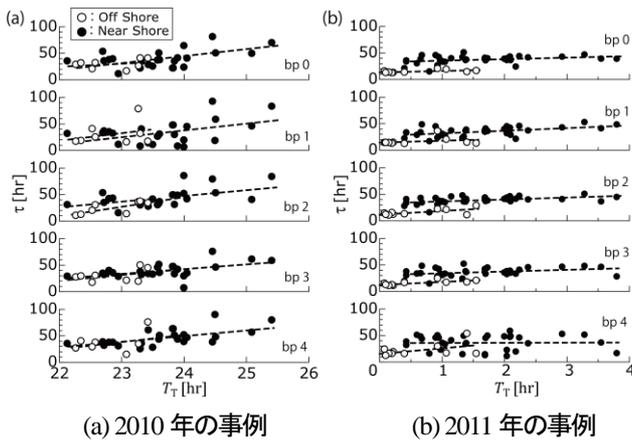


図-3 T_T と τ の関係

一方図-3(b)では、bp0の場合、沖合観測点と沿岸観測点を比較すると T_T が同程度でも沿岸観測点の τ は長くなる傾向にあり、大局的には沖合に比して沿岸の τ は10~30 hr程度長い。また、沿岸観測点では図-3(a)と同様に T_T の増加に従って τ も増加する傾向にある。bp1からbp3においても、沿岸観測点ではbp0と同様に T_T の増加に従って、 τ も増加する傾向にあることが確認できる。bp4については、bp1からbp3とは異なり沖合・沿岸ともに明瞭な τ の違いはみられない。大規模な海底構造に起因した副振動による継続の可能性が示唆される。

(2) T_D と τ の関係

T_D と τ の関係を図-4に示す。両イベントでbp0を比較すると、図-4(a)では、沖合・沿岸観測点が共に $T_D < 5$ hrの範囲にあり、 τ はばらつきが大きくトレンドはみられない。一方図-4(b)では、沖合観測点は $T_D < 5$ hrの範囲内にあるが、沿岸観測点では $T_D > 5$ hrとなる観測点が多く存在する。

bp1とbp2の場合、図-4(b)で多くみられる $T_D > 5$ hrの観測点群が図-4(a)ではあまりみられない。また図-4(b)の $T_D > 5$ hrとなる観測点群では、沖合観測点の傾向は明瞭ではないが、沿岸観測点では T_D が長くなるにつれて τ も長くなる傾向がみえる。

bp3とbp4では、両イベントでばらつきが大きく T_D と τ の関係性は不明瞭である。

(3) 沿岸観測点における各周期帯での τ のトレンド

各周期帯における τ のトレンドを図-5に示す。両イベントを通じて、大局的には長周期成分の τ が長くなる傾向がある。一方で、bp2の τ が長くなる傾向もみられ、この特徴は、観測点近傍の湾構造や海底構造に起因した副振動特性の影響と考えられる。より詳細な減衰過程解明のためには、それらの特徴を踏まえた議論が必要であり、今後の課題としたい。

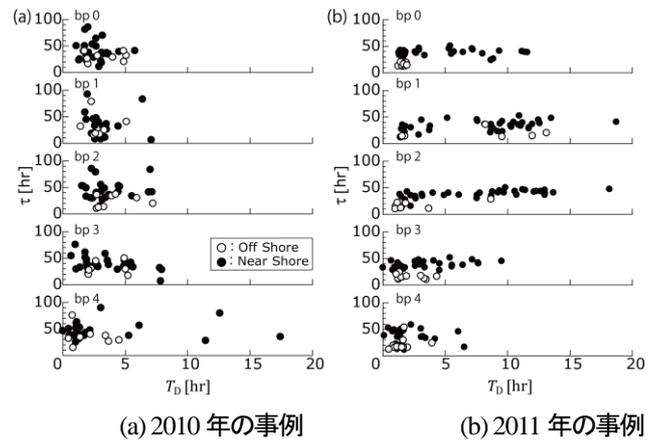


図-4 T_D と τ の関係

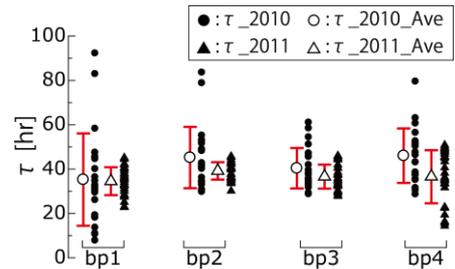


図-5 沿岸観測点における各周期帯での τ のトレンド

5. 結論

本研究では、二つのイベントによって得られた津波波形を解析し、津波の減衰過程を特徴付ける要因の検討を行い下記の結果が得られた。

- ① 2010年の事例では、ほとんどの観測点で $T_D < 5$ hrであったが、一方2011年の事例では、特に短周期成分で $T_D > 5$ hrとなる観測点が多く見られた。
- ② 沖合と沿岸の比較から、2010年の事例では T_T が同程度の場合、 τ も同程度であったが、2011年の事例では、 T_T が同程度の場合であっても沿岸観測点の方が τ は長くなる傾向にあった。
- ③ 周期毎に見た場合、二つの事例で大局的な傾向としては長周期成分の減衰時間が短周期成分と比べ長くなる傾向がある一方で、bp2で τ が長くなる特徴もみられた。

謝辞：本研究はJSPS 科研費(代表:林豊, 基盤研究(B):研究課題番号 24310132)の補助を受けました。ここに記して、謝意を表します。

参考文献

- 1) A.B. Rabinovich, R. N. Candella, R. E. Thomsom(2013) : The open ocean energy decay of three recent trans-Pacific tsunamis, *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL.40, 3157-3162, doi:10.1002/grl.50625
- 2) 今井健太郎, 田野邊睦, 林豊, 今村文彦(2014) : 2011年東北地方太平洋沖地震津波における日本列島太平洋沿岸の津波減衰過程, *土木学会論文集B2(海岸工学)*, Vol.70-2, 276-280.
- 3) 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.