

## 時間幅を延ばした $\tau_c$ 法で東北地方太平洋沖地震の早期規模推定は可能か？ Is it possible to be early magnitude estimation of the 2011 Tohoku earthquake from $\tau_c$ by increased time window?

岩切 一宏<sup>1\*</sup>, 土井 恵治<sup>1</sup>, 干場 充之<sup>2</sup>  
IWAKIRI, Kazuhiro<sup>1\*</sup>, DOI, Keiji<sup>1</sup>, HOSHIBA, Mitsuyuki<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 気象庁, <sup>2</sup> 気象研究所

<sup>1</sup>Japan Meteorological Agency, <sup>2</sup>Meteorological Research Institute

### はじめに

地震波のはじめの数秒の周期情報から、最終的な地震の規模を予測する手法 ( $\tau_c$  法) が、Earthquake Early Warning の分野で提案されている (例えば、Wu and Kanamori, 2008)。そこでは、大きな地震になるほど地震波の卓越周期が長くなる性質を利用する。 $\tau_c$  法は、地震波のはじめの 3 秒の平均周期 ( $\tau_c$ ) を求め、 $\tau_c$  と M の経験則から M を推定する。東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) に  $\tau_c$  法を適用すると、震源に近い観測点の地震波のはじめの 3 秒あるいは 30 秒までを用いても、M の推定はかなり過小評価であった (Hoshiba and Iwakiri, 2011)。東北地方太平洋沖地震の地震波形のスペクトルを見ると、高周波 (10Hz 以上) がかなり大きかった (Iwakiri and Hoshiba, 2011) ため、 $\tau_c$  からの M の推定が過小評価となったと考えられる。

さて、時間幅をもっと大きくすれば、あるいは、もっと遠い観測点を使えば  $\tau_c$  から M を早期に推定することは可能だろうか？津波予報の観点では、30 秒程度の長さの時間幅、また、多少遠い観測点での推定であっても構わない。Zollo et al. (2011) は、東北地方太平洋沖地震の震源から遠い観測点のはじめの 30 秒の  $\tau_c$  を求め、M8.5 以上と推定できる、としている。これは、数秒後に最終的な M を推定するという、従来の  $\tau_c$  法が持つ即時性は犠牲になるものの、巨大地震の M を比較的早期にかつ簡便に推定できる可能性を示している。そこで、我々は、従来の  $\tau_c$  法を拡張して、解析区間を 3 秒より長く、震源から遠い観測点も用いて、東北地方太平洋沖地震と M7~8 の地震における  $\tau_c$  と M の関係から、 $\tau_c$  法による東北地方太平洋沖地震の早期規模推定の可能性を調べた。

### データと解析

用いたデータは、2000/1/1~2011/12/31 に発生した、内陸 Mj6.8 以上 20km 以浅、海域 Mj7.0 以上 80km 以浅の計 22 地震について、K-NET、KiK-net (地表) で観測された上下動加速度波形である。ただし、東北地方太平洋沖地震直後の余震 3 個 (3/11 15:08 Mj7.4、15:15 Mj7.6、15:25 Mj7.5) は本震による長周期成分が含まれるため解析から外した。 $\tau_c$  は、変位振幅の自乗和と速度振幅の自乗和の比から求められる、変位スペクトルの重みを加味した平均周期である。変位振幅と速度振幅は、加速度波形を積分後に 0.075Hz の high-pass filter を通して求めた。観測点毎の  $\tau_c$  の解析区間は、P 波部分のはじめの 3、6、9、12、15、18、21、24、27、30 秒とした。P 波部分は、P 波到着から S - P 時間  $\times$  0.9 (走時は理論値) とした。地震毎の  $\tau_c$  は、震央距離 50km 毎の範囲での 5 地点以上の幾何平均とした。

### 結果と考察

まず、 $\tau_c$  の解析区間長依存性と距離依存性について調べた。解析区間が長いほど  $\tau_c$  が大きくなる傾向があり、これは主に震央距離 250km までの範囲にみられる。また、震央距離が大きいくほど  $\tau_c$  が大きくなる傾向があり、これは解析区間 3 秒と 6 秒で比較的中性であった。これらは、 $\tau_c$  と M の関係が解析区間長や震央距離によって変わることを示している。また、この  $\tau_c$  と M の関係には、かなりのばらつきが見られる。

東北地方太平洋沖地震の震央距離 300~350km の範囲での解析区間 30 秒の  $\tau_c$  は、従来の  $\tau_c$  と M の経験則 (震源に近い観測点の解析区間 3 秒を対象) を用いると、M8.5 程度に相当する。これは Zollo et al. (2011) の結果と整合する。しかし、前述のように、 $\tau_c$  は解析区間長や震央距離に依存するため、 $\tau_c$  と M の経験則を用いる際には、解析区間長や震央距離も考慮する必要がある。

東北地方太平洋沖地震の記録から得られる  $\tau_c$  に、この解析区間長や距離依存性を考慮にいれれば、Zollo et al. (2011) と異なり、高々 M8 程度と推定される。この傾向は、0.03Hz や 0.02Hz の high-pass filter を用い、解析区間長を 180 秒まで延ばしても同様であった。この結果は、従来の  $\tau_c$  法よりも長い解析区間、震源から遠い観測点を用いたとしても、 $\tau_c$  により、東北地方太平洋沖地震を M8 よりも明らかに大きいと推定するのは難しいことを示している。東北地方太平洋沖地震の  $\tau_c$  があまり大きくならなかったのは、東北地方太平洋沖地震では強い高周波も観測された (Iwakiri and Hoshiba, 2011) ためと考えられる。

キーワード:  $\tau_c$ , 2011 年東北地方太平洋沖地震

Keywords:  $\tau_c$ , the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake