

地球の自己重力と弾性が引き起す遠地津波の走時遅延と初期反転位相
綿田辰吾（東大地震研）

Traveltime delay and initial phase reversal of distant tsunamis coupled with the
self-gravitating elastic Earth

Shingo Watada, Earthquake Research Institute, University of Tokyo

2004年スマトラ沖大地震（M9.1）が引き起した巨大津波災害を契機に、津波の早期検知を目的としたブイ式海底津波計（DART）が太平洋・インド洋・大西洋の深海域に整備された。2010年南米チリ太平洋沖で発生した地震（M8.8）や2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）では、沿岸に設置されている津波計に加え、DARTが、発生からほぼ1日をかけて太平洋を横断する津波を記録した。2010年チリ沖地震津波では、日本へ到達する約3時間前に津波到達予想時刻が気象庁から発表されたが、日本沿岸のほとんどの観測点で実際の津波は30分程度予想時刻から遅れて到達した（気象庁、2010）。また、発生域から遠くはなれたDART津波記録を詳しく調べると、押し波で始まる津波第一波の前に、微弱な引き波で始まる津波が、共通して出現することが判明した。同様な遠地津波の遅れと初動反転が2011年の津波でも繰り返された。

海岸付近での津波波形は、海岸地形の影響などにより複雑に伝播し大きく変化する。二つの巨大地震の震源域から、沿岸からの複雑な干渉を受けずに深海域のみを観測点まで長距離伝播する津波波形の位相速度を測定すると、周期1000秒以上の津波の位相速度が従来の長波速度（ $c = \sqrt{gD}$ 、 c は津波速度、 g は重力加速度、 D は水深）よりも水深4 kmの海に換算して周期に依存して1~2%低下していた。

これまでの遠地津波伝播計算では、計算上簡便なことから、海水は非圧縮流体で海底は変形しない剛体であり、さらに地球の重力場は津波伝播に伴う質量移動を考慮せず不変と仮定してきた。これら3つの仮定の津波伝播への影響はほとんど無視できると考えられていた。海水は静水圧の他、水温、塩分濃度により密度成層している。この密度成層の影響や、海水弾性の津波速度への影響は、水深に比例して大きくなるが、水深4 kmの海では二つの効果を合わせても0.44%の周期に依存しない非分散性の速度低下であり観測を満足に説明しない(Watada, 2013)。

圧縮性を持つ海水、弾性変形する海洋底、津波伝播が引き起す質量移動に伴う重力場の

変化の影響を含む津波位相速度を、球対称地球の自由振動の津波モードとして計算すると、測定された津波の長周期で逆分散を示す位相速度がほぼ完全に説明できた。

断層モデルと海底地形を与えて計算される長波津波波形に、これら3つの影響を考慮した位相補正を施す津波波形計算手法を開発した。その計算時間は長波計算時間に比べると無視できるほど短い。その結果、観測と計算波形の伝播時間差はほぼ解消され、初期反転位相を含む津波波形も高精度に再現された(Watada et al., 2014)。

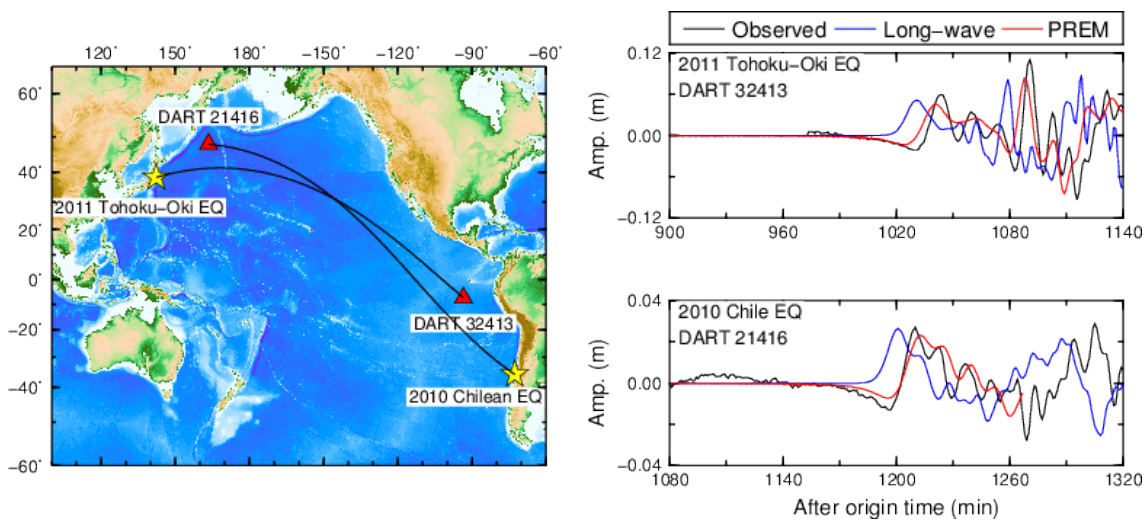


図1 (左) 2010年チリ地震と2011年東北地方太平洋沖地震の震源(黄色星)から太平洋を横断して深海のブイ式海底津波計(赤三角)に到達する津波の波線(ただし大円近似)。(右)ブイ式海底津波計で観測された津波波形と実際の海底地形と地震断層モデルから計算された津波波形の比較。これまでの遠地津波の計算手法による津波波形(青線)に比べ、観測波形(黒線)は遅れて到達し、初動が引き波となっている。今回新たに開発された簡便な計算手法による津波波形(赤線)では観測波形の遅れはほぼ解消し、初動を含めた波形が良く再現できている。

参考資料

気象庁、2011、第6回津波予報技術に関する勉強会、資料1、資料2。

Watada, S., 2013, Geophysical Research Letters, 40, 4001-4006, doi:10.1002/grl57085.

Watada, S., S. Kusumoto and K. Satake, 2014, Journal of Geophysical Research, 119, 4287-4310, doi:10.1002/2013JB10841.