

津波到来に先んじて観測される海底水平磁場変動について

南 拓人 [1]; 藤 浩明 [2]

[1] 京大・理・地物; [2] 京都大学・大学院・理学・地磁気センター

Initial rise in the horizontal magnetic component induced by the tsunami passage

Takuto Minami[1]; Hiroaki Toh[2]

[1] Geophysics, Kyoto Univ.; [2] DACGSM, Kyoto Univ.

The seafloor electromagnetic (EM) observation enables us to obtain vector properties of the tsunami passage. Toh et al. (2011) reported that EM variations induced by the 2006 and 2007 Krill earthquake tsunami were observed in the northwest Pacific. Manoj et al. (2011) and Suetsugu et al. (2012) also reported seafloor EM observation could detect tsunami passages.

Motional induction due to tsunamis, hereafter called 'Tsunami Dynamo Effect', has been studied mainly as part of the 'Oceanic Dynamo Effects'. Larsen (1971) derived an analytical solution considering the conductivity structures and the self-induction term, while Sanford (1971) included effects of bathymetry. Recently, Tyler (2005) analytically expected that the vertical component of the tsunami-induced magnetic field has the same waveform and phase as those of the sea level change in deep oceans, which is consistent with Suetsugu et al.'s (2012) observation.

Most preceding studies of the oceanic/tsunami dynamo effects, including above, considered related parameters, e.g., the bathymetry, and the conductivity structure beneath the seafloor, in the frequency domain. This is because of its simplicity and because most of them focused on long-period resonant behaviors, e.g., tide. As for tsunami dynamo behaviors, however, effects of the first wave, frequently most devastating, are difficult to discuss in the frequency domain.

We, therefore, developed a two-dimensional finite element (FEM) tsunami dynamo simulation code in the time domain to reproduce magnetic tsunami signals observed in the northwest Pacific at the time of the 2011 off the Tohoku earthquake. As a result, the magnetic signals were well reproduced by our simulation, especially in terms of the first wave. It is noticeable that an initial rise in the horizontal magnetic component as large as 1 nT, parallel to the tsunami propagation direction and observed 5 minutes prior to the tsunami arrival, was also induced by the tsunami.

We conducted additional numerical experiments to investigate the initial rise. We laid half-space homogeneous conductor beneath the flat seafloor with a depth of 5km and let a Gaussian waveform soliton propagate with a wave height of 1m and a horizontal extent of 100km. As we assigned 0, 0.01, 0.1, and 1S/m to the conductivity beneath the seafloor, the peak of the initial rise became approximately 3, 2, <1, and ~0 nT, respectively. The initial rise, hence, vanished with the conductivity of 1S/m beneath the seafloor, because an induced current beneath the seafloor generated a horizontal magnetic field opposite to the initial rise. Our numerical results imply that this initial rise may enable us to detect the tsunami passage prior to the tsunami arrival itself under suitable conditions.

In the presentation, we will report the initial rise in the horizontal magnetic component observed prior to the tsunami arrival and discuss its applicability to tsunami early warnings.

海底電磁場観測を用いれば、津波をベクトル場として観測できることが近年明らかとなってきた。Toh et al. (2011) は、北西太平洋における海底磁場観測を用いて、2006/2007年千島列島沖地震による津波の電磁場シグナルを捉えた例を報告しており、Suetsugu et al. (2012)、Manoj et al. (2011) などにおいても、2010年のチリ地震、及び、2011年東北地方太平洋沖地震の際に津波に誘導された電磁場変動の例が報告されている。

津波の引き起こすダイナモ効果 (以下、津波ダイナモ効果) は、広くは海洋中で起こるダイナモ効果として、20世紀中頃から解析的な研究がなされてきた。自己誘導項に加え海底下の電気伝導度構造を考慮したLarsen (1971) や、海底地形の効果を考慮したSanford (1971) などでは、周波数領域における解析解が導出されている。近年では、Tyler (2005) が、深い海洋においては、磁場の鉛直成分と津波による海水面変動が同期するという関係を導き、Suetsugu et al. (2012) による観測において、その有用性が示されている。

津波ダイナモ現象のパラメータは、主に、津波の波長、波高、伝搬方向、水深、海底地形、海底の電気伝導度構造などであるが、これらのパラメータの影響を時間領域で扱った海洋ダイナモの研究事例は少ない。これは海洋ダイナモ研究において、長らく潮汐などの長周期共鳴現象が研究対象であったためと考えられるが、津波ダイナモ現象の場合、特に第一波については周波数領域における再現が難しく、時間領域における解析が重要である。

以上を踏まえ、本研究では、時間領域における二次元有限要素津波ダイナモシミュレーションコードを開発し、2011年東北地方太平洋沖地震による津波が北西太平洋で引き起こした津波ダイナモ現象の再現を試みた。その結果、北西太平洋において観測された磁場変動を、特に第一波について、精度よく再現することに成功した。特筆すべきは、津波到来の約5分前に観測された津波伝搬方向の1nTの正の磁場ピーク (以下、Initial Rise) が、津波によって誘導されたものと判明したことである。

追加の有限要素計算において海底下の電気伝導度構造を変化させたところ、Initial Riseは、海底下の電気伝導度が大きくなるにつれて、小さくなることが明らかとなった。追加計算では、津波第一波の影響を見るために、波高1m、波長約200kmに相当するガウシアン波形のソリトン、水深5kmの海底下に半無限一様導体を与えて伝搬させた。海底下の電気伝導度を0S/m, 0.01S/m, 0.1S/m, 1S/mと変化させたところ、Initial Riseの大きさは、約3nT, 2nT, <1nT, ~0nTとなり、海底下が1S/m一様の場合には、Initial Riseが現れなかった。Initial Riseは、海水運動と地球主磁場のカップリング

($v \times B$) に対して、逆向き誘導電場の位相がわずかにずれることによって生じる。しかし、海底下の電気伝導度が増加すると、海底下に流れる電流が増加し、Initial Rise と逆向きの磁場を強めるため、Initial Rise は埋もれて観測できなくなることが、計算結果によって示唆されている。この Initial Rise においては、波長、波高、地下電気伝導度構造の影響についてさらに詳細に調べることで、津波の早期予測への応用可能性が期待できる。

本発表では、数値シミュレーションによって明らかとなった津波到来前に観測される海底水平磁場変動 "Initial Rise" について報告するとともに、その津波早期予測への応用可能性について論じる予定である。