

# 水中音響波から津波の発生を予測する

松本浩幸 (JAMSTEC) ・ 三ヶ田均 (京都大学) ・ 杉岡裕子 (JAMSTEC)

## 1. はじめに

海洋研究開発機構(JAMSTEC)が運用する釧路・十勝沖海底地震総合観測システム(図 1)は、2003 年十勝沖地震のデータを欠測やスケールアウト等の障害もなく精度良く観測することに成功した(Watanabe et al., 2004)。観測システムに含まれる 2 台の津波計 PG1(水深 2283m)と PG2(同 2248m)は震央から 30km と 80km の距離に設置してあった。図 2 は、津波発生の瞬間を記録したもので、津波発生メカニズムの解明につながるものと期待される。本研究では、この観測された波形データを解析して津波発生時の物理現象を検討した。

## 2. 津波発生の理論

Kajiura(1970)は、海底での大規模な地殻変動に伴う津波発生の定式化を行って、波動方程式から理論解を導出した。それは以下のような形式で表される。

$$\zeta(\vec{r}, t) = \frac{1}{4\pi c^2} \int_0^t dt_0 \iint_S G(\vec{r}, t | \vec{r}_0, t_0) \frac{\partial^2 w_B}{\partial t^2} dS(\vec{r}_0)$$

ここで、 $\zeta$  は海面の変位、 $\vec{r}$ 、 $t$  は位置ベクトルと時刻、 $c$ 、 $w_B$  は津波の位相速度と海底地盤の変動速度を表している。 $G$  は自由空間 Green 関数、 $S$  は津波の波源を表している。また添字  $0$  は震源に関するパラメータを表している。もしも海底面に、有限時間  $T$  で一様に地殻変動が生じたとすると、2 種類の波動方程式の解が得られる。

解は共に地殻変動に起因して、解の一つは地殻変動量  $w_B T$  に相当する静水圧  $\rho g w_B T$  で表される津波、もう一方の解は速度に対応する水中音響波である。海底で地殻変動が生じるのに要する時間が  $T \leq 2\sqrt{h/g}$  であれば、海底の地殻変動速度  $w_B$  に等しい流速変化が海底に生じて、これは  $\delta p = \delta(\rho g h)$  の圧力上昇となって海面に向かって音波の波速  $a$  で伝播する。運動量方程式から、この水中音響波に伴う圧力上昇は  $\rho a w_B$  となる。海面で圧力は静水圧、海底で流速が 0 という境界条件を与えると、音響波は海底と海面の間を  $4h/a$  周期で反射が繰り返される。

以上のことから、津波と音響波は、それぞれ地殻変動の変位と速度に関係していることが分かる。

## 3. 数値計算による検討

断層運動に伴う動的な地盤変位を海底部に与えて、海底水圧変動を計算したものを図 2 にあわせて示す。断層破壊の伝播とともに、海底で水中音響波が重畳されている状況が計算

されている。両者を比較すると、現モデルでは振幅と位相に関して差異はあるものの、卓越周期に関しては観測波形をほぼ説明できている。

#### 4. おわりに

本研究から、水中音響波の波形と津波の波形は比例関係にあり、水中音響波の観測によって津波の高さを予測できる可能性があることが分かった。2003年十勝沖地震の水圧観測記録は、音波の観測という新たな視点を与えることで、将来の津波防災に大きく寄与することを支持するよい例題となった。

#### 参考文献

Kajiura, K. (1970) : Tsunami source, energy and the directivity of wave radiation, Bull. Earthq. Res. Inst., 48, 835-869.

Watanabe, T., H. Matsumoto, H. Sugioka, H. Mikada, K. Suyehiro, and R. Otsuka (2003) : Offshore monitoring system records earthquake in Japan, EOS Trans., 85(2), 14.

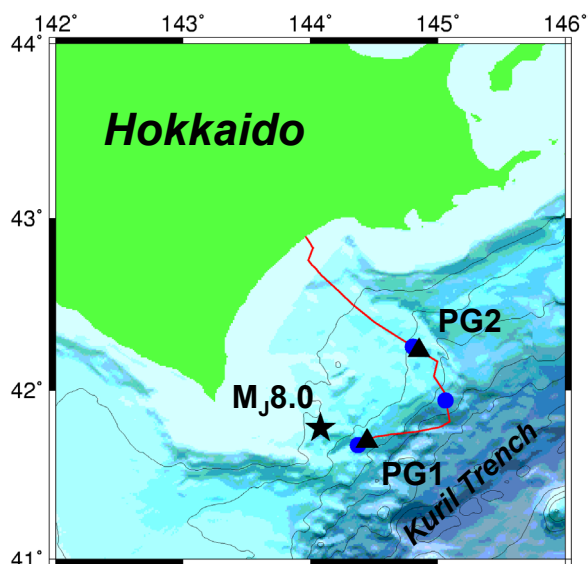


図1：釧路・十勝沖海底ケーブル観測システム

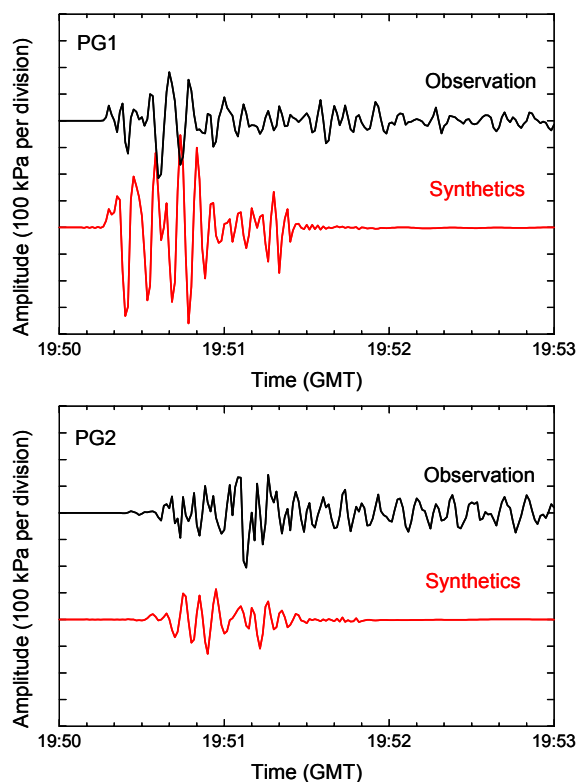


図2：津波計PGで得られた2003年十勝沖地震の波形データと計算波形