

海底水圧観測のための津波発生理論  
 防災科学技術研究所 齊藤竜彦

はじめに

迅速かつ正確な津波予測のため、未だかつてない規模での海底観測網 (S-net) の設置が東日本太平洋沖で行われている (図)。しかし、断層の真上に設置される海底水圧計記録には、これまで使用されてきた海底圧力と津波波高の簡単な比例関係式をそのまま適用できない。津波波高と観測量である海底水圧との正確な関係を求めるため、海底変動による津波発生の理論に立ち返る必要がある。

非圧縮流体中の線形津波発生理論

海底変動による津波の発生理論は、非圧縮流体を仮定し、速度ポテンシャルを利用することで記述できる [例 高橋 1942; Kajiura 1963; Kerverilla et al. 2007]。海面変動の時空間変化に関する数式表現は、高橋 [1942] によって導出されている。しかし、津波が発生する最中の海底水圧や海中流速分布に関する数式表現は未だ導出されていなかった。その理由は、海面変動の数式表現を導出する際に利用できた留数定理が、海底水圧の場合には利用できなくなるためである。Saito [2013 EPS] では、ある特殊な震源時間関数をもつ津波波源を考え、複素積分を実行した後に、その解の震源継続時間を無限小に近づけることで、海底水圧のインパルス応答を導出した、

$$p_e(\mathbf{x}, t)|_{z=-h_0} = \frac{1}{(2\pi)^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} dk_x dk_y \exp[i(k_x x + k_y y)] \times \frac{\rho_0 \tilde{d}(k_x, k_y)}{\cosh kh_0} \left\{ \frac{g_0}{\cosh kh_0} \int_{-\infty}^t \cos[\omega_0(t-\tau)] \chi(\tau) d\tau + \frac{\sinh kh_0}{kh_0} \cdot h_0 \frac{d\chi(t)}{dt} \right\} \quad (1)$$

ここで、 $\rho_0$  は海水密度、 $h_0$  は水深、 $g_0$  は重力加速度、 $\tilde{d}$  は海底変位分布  $d(x, y)$  を 2 次元フーリエ変換し、波数領域で表現したものである。

津波発生場における海底水圧

海底圧力は、海面変動を介して間接的に海底へ圧力を荷重する成分 (式 (1) 右辺の第 1 項) と海底変動が直接生み出す成分 (式 (1) 右辺の第 2 項) との和として表現される。特に、波長が水深に比べて十分長いと仮定すれば、式 (1) は以下のように近似できる。

$$p_e(\mathbf{x}, t)|_{z=-h_0} \approx \rho_0 [g_0 \eta(\mathbf{x}, t) + h_0 \alpha_{bottom}(\mathbf{x}, t)] \quad (2)$$

ただし、 $\eta$  は津波波高、 $\alpha_{bottom}$  は海底変動の加速度である。第 1 項は、従来用いられてきた海底水圧と津波波高との単純な比例関係式と一致する。海底が加速度的に上昇する場合、第 2 項によって、さらに圧力が海底に加わる。これは海底が海面を持ち上げる力の反作用の力と解釈できる。

例えば、水深 3000m、海底隆起の加速度を  $0.02 \text{ m/s}^2$ 、津波波高を 10 m とした場合、海底加速度の海面荷重に対する割合は、およそ 60 % となり、海底が隆起する断層直上での海底圧力においては無視することは出来ない。このことは、海底水圧計を利用した即時波源規模推定において、注意すべき点である。

最後に

本研究は非圧縮流体を仮定しているため海中音波の効果は含まれていない。圧縮流体を仮定した速度ポテンシャルの数式表現は Yamamoto [1982] で導出されているが、2 次元空間の場合のみである。今後は、音波の影響を考慮した津波発生の理論研究が重要である。

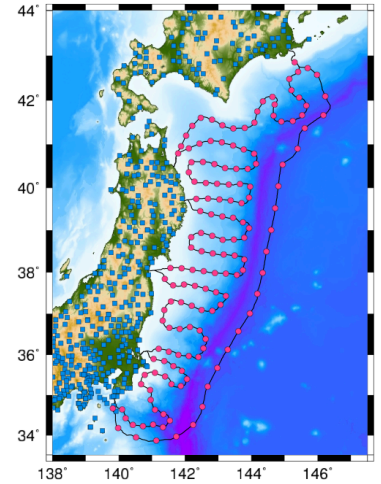


図. 現在運用されている基盤観測網 (青) と 建設中の S-net (赤). S-net には地震計と水圧計が設置される。