1968年日向灘地震津波の数値シミュレーション

鹿児島大学工学部 学生会員 吉本明日妃 鹿児島大学大学院理工学研究科 正会員 柿沼太郎 鹿児島大学大学院理工学研究科 学生会員 山下 啓

1. 研究の目的

日本は、地震多発地帯であり、また、プレート間地震は、津波を生成することが多い. 九州地方沖もこの例外でなく、宮 崎県沖においては、マグニチュード7 ~ 7.6 程度の日向灘地震が、十数年から数十年に一度といった比較的短い周期で発生 している. この日向灘地震は、特に、震源域が浅い場合、大きな津波被害を及ぼす可能性が高い. また、近畿地方及び四国 地方沖の太平洋では、東南海地震や南海地震が、それぞれ、百年に一度といった頻度で発生している. 東南海地震と南海地 震は、歴史的に見て同時期に発生する確率が高く、その際に想定されるマグニチュードは、8 ~ 8.6 と大きい. 従って、九 州地方においても、津波対策が重要であると言える. そこで、本研究では、1968年日向灘地震津波を対象とし、非線形浅水 方程式系を適用した津波の数値シミュレーションを実施して、九州西南域における津波の伝播特性を調べる.

2. 基礎方程式系と数値解析法

非粘性かつ非圧縮性である流体の非回転運動を対象とする. 流体の密度 ρ は, 流体内で一様, 時間的に一定であるとする. 速度ポテンシャルを $\phi(\mathbf{x}, z, t) = \sum_{\alpha=0}^{N-1} \{ f_{\alpha}(\mathbf{x}, t) \cdot z^{\alpha} \} \equiv f_{\alpha} z^{\alpha}$ のように N 個のべき関数の重み付き級数に展開する. 変分 法を適用すると, 次式のような非線形方程式系(柿沼, 2011)が得られる.

$$\zeta^{\alpha} \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{\alpha + \beta + 1} \nabla \left\{ \left(\zeta^{\alpha + \beta + 1} - b^{\alpha + \beta + 1} \right) \nabla f_{\beta} \right\} - \frac{\alpha \beta}{\alpha + \beta - 1} \left(\zeta^{\alpha + \beta - 1} - b^{\alpha + \beta - 1} \right) f_{\beta} = 0$$

$$(1)$$

$$\zeta^{\beta} \frac{\partial f_{\beta}}{\partial t} + \frac{1}{2} \zeta^{\beta+\gamma} \nabla f_{\beta} \nabla f_{\gamma} + \frac{1}{2} \beta \gamma \zeta^{\beta+\gamma-2} f_{\beta} f_{\gamma} + g \zeta = 0$$
⁽²⁾

ここで、 $\zeta(x, t)$ 及び b(x) は、それぞれ、水面変動及び底面形であり、 $\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y)$ は、水平方向の微分演算子である. 重力加速度 g は、9.8 m/s² とする. なお、本研究では、速度ポテンシャルの展開項数を N=1 とし、波の分散性を考えない. 3. 1968 年日向灘地震津波の数値シミュレーション

1968年4月1日に発生した日向灘地震は、宮崎県沖の日向灘で発生したプレート間地震である、震源の位置は、北緯32.28°, 東経132.53°であり、マグニチュードは、7.5であった.ここでは、この日向灘地震に伴う津波の九州西南域を対象とした伝 播解析を行なう. 図-1 に、計算対象領域の水深分布を示す.対象範囲は、北緯30.0°~33.0°,東経130.5°~134.0°の領域 であり、デカルト直交座標系を適用する.計算格子間隔は、緯度方向0.79 km、経度方向0.92 kmとする. 表-1 に、1968年 日向灘地震の静的断層パラメタを示す(佐藤ら、1989).ここで、断層の西端点を断層基準点と定め、N は、緯度、E は、経 度、*d*は、深さを示す.また、 θ は、北から東回わりに断層の走行方向を測った角度、 δ は、断層面の傾き角、 λ は、断層 の食い違い方向を走行方向より反時計回わりに測った角度、*L*は、走行方向の長さ、*W*は、傾斜方向の幅、そして、*U*は、 食い違い量である.これらのパラメタに基づき、Mansinha・Smylie (1971)の理論を適用して、海底地形の変動量を算定す る.津波初期波形を海底地盤の永久変位と等しいものと仮定し、図-2 に示すような初期水面形を時刻t = 0分において与え た.陸地と海域の境界を完全反射の鉛直壁とし、水深が10mより浅い水域の水深を10mとして、津波の砕波減衰を無視す る.他方、開境界には、Sommerfeldの放射条件を適用する.

時刻 t = 16 及び 45 分における水位分布をそれぞれ図-3(a) 及び 3(b) に示す.図-1 に示した水深分布と、図-3(a) 及び 3(b) より、津波が浅い地点に向かって屈折していく様子が見て取れる.

図-1 に示す地点 (a), (b) 及び (c) における水面変動をそれぞれ図-4(a), (b) 及び (c) に示す.図-4(a) において, 延岡市沖 10 km 地点 (水深約 73 m) における最大津波高さは,0.24 m であり,最大振幅は,0.29 m である.また,図-4(b) において,宮崎市沖 10 km 地点 (水深約 57 m) では,津波の第1波よりも第2波の津波高さが大きく,最大振幅が 0.34 m である. 宮崎市街地沿岸は,水深が比較的浅く,津波が集中しやすくなっている.

図-4(a) 及び 4(b) に見られるように、水面変動が周期的であるが、これは、陸と大陸棚との間で波がトラップされるためであり、この点が九州西南域沿岸に伝播する津波の特性の一つと言える. なお、図-4(a) の延岡市沖では、図-4(b) の宮崎市沖に比べて、短周期波成分が多い.

図-4(c)の志布志市沖は、志布志湾の形状から津波が集中しやすいと考えられるが、第1波の波高は、0.42m であり、あまり大きくなっていない. これは、1968年日向灘地震津波が、志布志湾に向かって直接入射しないためであると考えられ、



図-4(a) 延岡市沖10km (水深 -73 m)

宮崎市10 km (水深 −57 m) 図-4(c) 実線:志布志市沖10 km (水深 −93 m),

破線: 志布志市沖5km(水深 –52m)

断層の走行方向によっては、志布志湾内で津波が集中する可能性を否定できない.また、図-4(b)の宮崎市沖及び図-4(c)の 志布志市沖では、第2波以降に、第1波よりも津波高さの大きな津波が存在している.

図-4(b)

更に、本数値解析結果より、九州東岸で反射して北から南へと岸に沿って伝播する津波が、後続の津波と重合し、局所的 に大きな水面変動を示すことのあることがわかった.

4. 結 論

1968年日向灘地震津波の数値シミュレーションを行なった.九州西南域沿岸に伝播する津波の特性として、岸と大陸棚との間で津波がトラップされ、水面変動が周期的となることが挙げられる.また、第1波より第2波以降の津波高さが大きくなる地点がある.更に、九州東岸で反射して北から南へと岸に沿って伝播する津波が、後続の津波と重合し、局所的に大きな水面変動を示すことがある.今後、計算領域を東海地方沖まで広げ、南海地震津波の伝播特性を調べたい.

参考文献

柿沼太郎・山下 啓・帖佐繁明・藤間功司・中山恵介: 津波の生成や伝播に対する流速分布及び密度成層の影響, 土木学会論文集 B3(海洋 開発), Vol. 67, 2011.

Mansinha, L. and Smylie, D. E.: The Displacement Fields of Faults, Bull. Seismological Society of America, Vol. 61, No. 5, pp. 1433-1440, 1971. 佐藤良輔・岡田義光・鈴木保典・阿部勝征・島崎邦彦: 日本の地震断層パラメター・ハンドブック, 鹿島出版会, pp. 47-48, p. 262, 1989.