# 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  $\rho$  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  $\phi(x,z,t)=\sum_{\alpha=0}^{N-1} \left\{f_{\alpha}(x,t)\cdot z^{\alpha}\right\} \equiv f_{\alpha}z^{\alpha}$  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、 $\theta$ は、北から東回わりに断層の走行方向を測った角度、 $\delta$ は、断層面の傾き角、 $\delta$ 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、 $\delta$ は、走行方向の長さ、 $\delta$ は、傾斜方向の幅、そして、 $\delta$ 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  $\delta$  = 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  $\delta$  10 m より浅い水域の水深を  $\delta$  10 m 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。

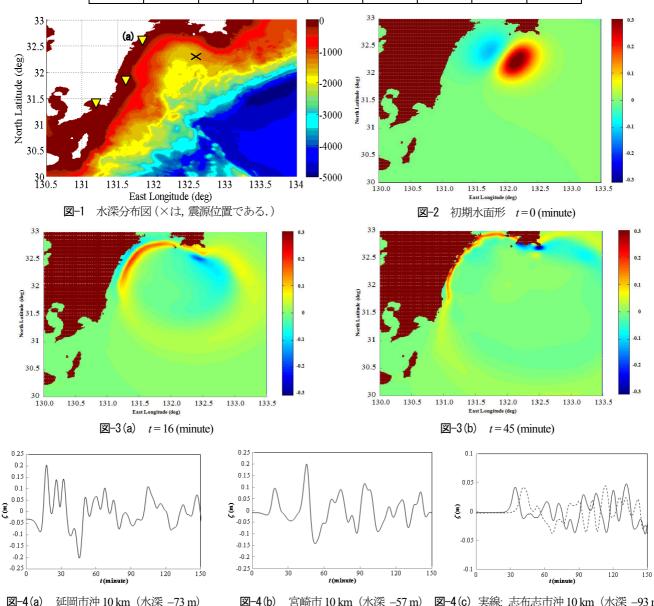
図-1 に示す地点 (a), (b) 及び (c) における水面変動をそれぞれ図-4(a), (b) 及び (c) に示す. 図-4(a) において, 延岡市沖 10 km 地点 (水深約 73 m) における最大津波高さは, 0.24 m であり, 最大振幅は, 0.29 m である. また, 図-4(b) において, 宮崎市沖 10 km 地点 (水深約 57 m) では, 津波の第 1 波よりも第 2 波の津波高さが大きく, 最大振幅が 0.34 m である. 宮崎市街地沿岸は, 水深が比較的浅く, 津波が集中しやすくなっている.

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、

表-11968年4月1日発生の日向灘地震の静的断層パラメタ(佐藤ら、1989)

N (°)	E(°)	d(km)	$\theta(^{\circ})$	δ(°)	λ(°)	L(km)	W(km)	U(km)
32.45	132.82	27	207	17	90	56	32	160



延岡市沖 10 km (水深 -73 m) **図-4 (b)** 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 5 km (水深 -52 m)

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。

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.