

浅瀬がある海域における津波の数値シミュレーション

鹿児島大学大学院理工学研究科 学生員 ○西村 規宏
 鹿児島大学工学部海洋土木工学科 正員 浅野 敏之

1. 研究の目的

近年、精度の高い津波防災計画の立案に向けて、全国各地で津波の数値計算が実施されている。津波の来襲が危惧される海域で、個々に数値シミュレーションを実施することはもちろん重要であるが、個別的な地形条件の下での計算であり、その成果を普遍的な知見とする試みはあまりなされていない。

本研究でとりあげる日向灘の地震活動はきわめて活発であるが、これに比較して大きな津波災害は少ない。むしろ、宝永・安政津波のように南海道で発生したものの余波によって浸水被害が起こっている状況である。これは日向灘の海岸線が直線状で、津波エネルギーが集中しない地形特性によるものではないかと思われる。しかし、宮崎市沖の海底地形を詳細に見てみると小さな浅瀬が認められる。本研究は、ほぼ直線的な等深線形状を持つ海岸でも、こうした浅瀬地形が津波エネルギーを集中させる可能性を検討したものである。

2. 数値計算の概要

日向灘の海底地形は、海上保安庁水路部による5万分の1の海底地形図から250mメッシュで読み取った。汀線付近の陸上地形の標高は2500分の1の宮崎市現況図から50mメッシュで読み取った。こうした海域と陸域の地形データを最終的に50mメッシュに補間し数値計算に用いた。海域の数値計算の範囲は9800m×7500mである。解析領域の等深線図を図-1に示す。海域の中央部に水深約10mのネダノ瀬という浅瀬があることがわかる。また、陸域においては、護岸などの存在により急勾配となり、数値計算に不向きなため、陸域を勾配1/400の仮想地形として遡上計算を行う。

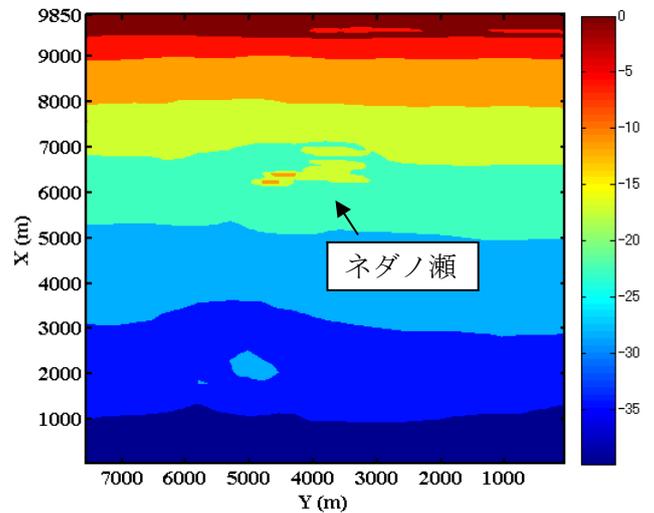


図-1 海域の等深線図

数値計算は Kirby-Wei が開発した Boussinesq 方程式に基づいて行った。その基礎式は以下のとおりである。

$$\eta_t + \nabla \cdot \left\{ (h + \eta) \left[\mathbf{u}_\alpha + \left(z_\alpha + \frac{1}{2}(h - \eta) \right) \nabla (\nabla \cdot (h \mathbf{u}_\alpha)) + \left(\frac{1}{2} z_\alpha^2 - \frac{1}{6} (h^2 - h\eta + \eta^2) \right) \nabla (\nabla \cdot \mathbf{u}_\alpha) \right] \right\} = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \mathbf{u}_{\alpha t} + (\mathbf{u}_\alpha \cdot \nabla) \mathbf{u}_\alpha + g \nabla \eta + z_\alpha \left\{ \frac{1}{2} z_\alpha \nabla (\nabla \cdot \mathbf{u}_{\alpha t}) + \nabla (\nabla \cdot (h \mathbf{u}_{\alpha t})) \right\} \\ & + \nabla \left\{ \frac{1}{2} (z_\alpha^2 - \eta^2) (\mathbf{u}_\alpha \cdot \nabla) (\nabla \cdot \mathbf{u}_\alpha) + \frac{1}{2} [\nabla \cdot (h \mathbf{u}_\alpha) + \eta \nabla \cdot \mathbf{u}_\alpha]^2 \right\} \\ & + \nabla \left\{ (z_\alpha - \eta) (\mathbf{u}_\alpha \cdot \nabla) (\nabla \cdot (h \mathbf{u}_\alpha)) - \eta \left[\frac{1}{2} \eta \nabla \cdot \mathbf{u}_{\alpha t} + \nabla \cdot (h \mathbf{u}_{\alpha t}) \right] \right\} = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

式中の η は水位、 h は沖側水深、 g は重力加速度、 $z_\alpha, \mathbf{u}_\alpha$ は $z = -0.531h$ における水深及び水平流速ベクトルであり、添え字の t は $\frac{\partial}{\partial t}$ 、 $\nabla = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \right)$ である。

今回の数値計算に関しては CASE-1 は周期 300 秒、CASE-2 は周期 600 秒とした。主な入力条件として沖の水深を 30m、メッシュ間隔を 50m、計算領域を 13800m×7500m、 $\Delta t = 0.5$ 秒間隔で計算を行った。今回の計算では図上で結果の相違が明瞭に表れるように、孤立波の初期波形の波高を 5m と大きく設定した。

3. 計算結果

計算領域の波向線図を図-2 に示す。図によると浅瀬の効果により波が屈折し浅瀬の背後と汀線付近に波向

線が集中していることが分かる。

図-3,4にCASE-1,2それぞれの場合の η_{max} の分布図を示す。図-3では浅瀬の影響により波のエネルギーが集中し水位が高くなる領域が確認されるが、図-4では図-3に比べると浅瀬の影響は小さいことが分かる。しかし、図-4では η_{max} の分布が岸側へと移動していることから、陸域への被害が大きくなることが予想される。

また、図-5,6にY=3750m地点でのCASE-1,2それぞれの陸上遡上の様子を示す。CASE-1では、最大遡上高 5.11m、最大遡上距離 1950m となり、CASE-2では、最大遡上高 6.44m、最大遡上距離 2550mとなった。

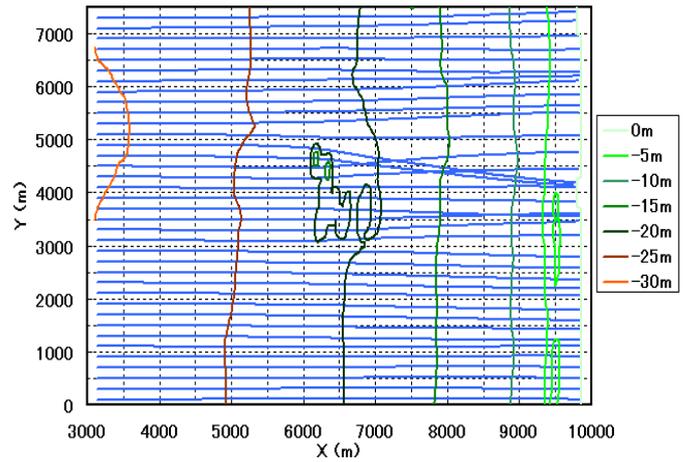


図-2 波向線図

4. まとめ

本研究では、浅瀬が存在する海域での津波の伝播、屈折、反射、遡上特性について検討を行った。津波の周期が小さい方が浅瀬の影響を強く受けることが分かった。また、周期が大きくなると η_{max} の発生位置がより岸側へと移動し、遡上高で1.3m、遡上距離にして600mの差異が現れ、陸域にあたる影響が大きくなることがわかった。

(参考文献) Wei,G. Kirby,J.T. Sinha,A (1999): Generation of waves in Boussinesq models using a source method, Coast. Engrg.,36,pp. 271-299

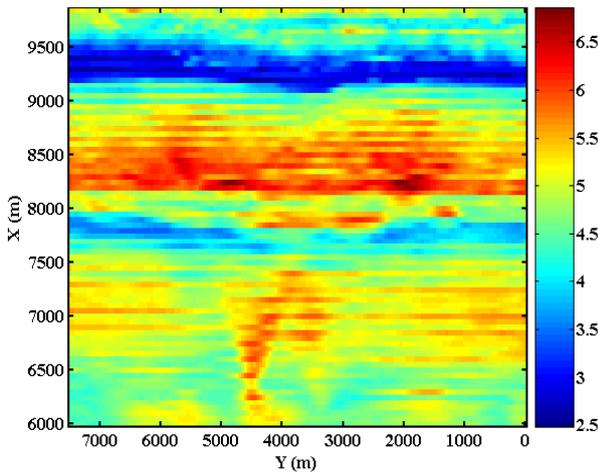


図-3 η_{max} の分布 (CASE-1)

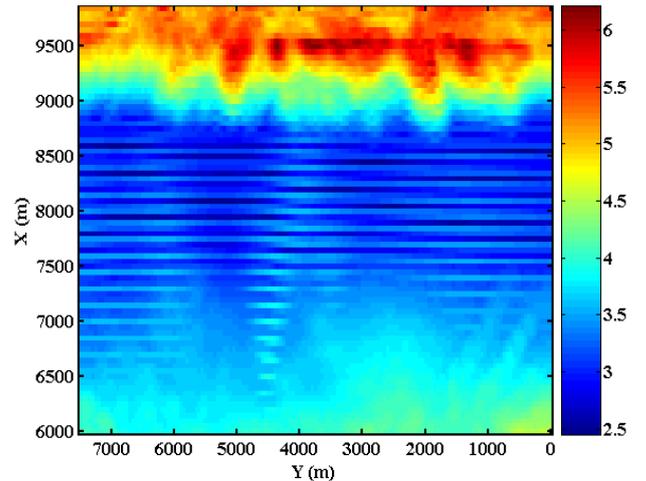


図-4 η_{max} の分布 (CASE-2)

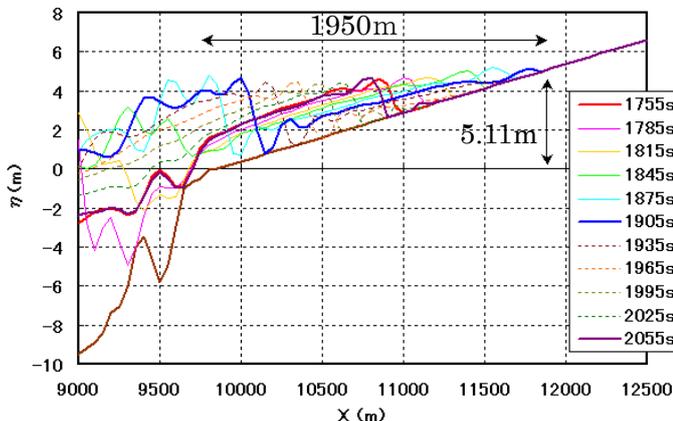


図-5 陸上遡上図 (CASE-1)

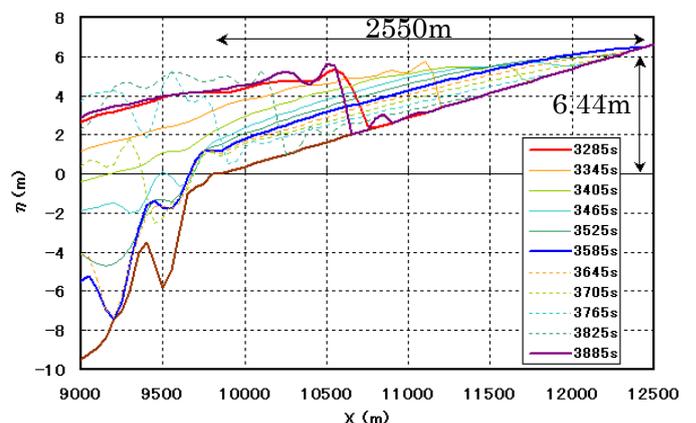


図-6 陸上遡上図 (CASE-2)