

津波数値計算における格子間隔の違いによる浸水計算誤差の考察

関東学院大学 学生会員 ○和田 拓己
 関東学院大学 学生会員 土橋 柊斗
 関東学院大学 正会員 福谷 陽

1. はじめに

国土交通省の津波浸水想定の手引き¹⁾では、ハザードマップの作成に利用される津波浸水シミュレーションにおける計算格子間隔は、屈折、反射、遡上等の津波の挙動を精度良く推計できるように設定する必要があるとされている。そのため、津波浸水シミュレーションにおける最小計算格子間隔は10 m程度より小さくすることを目安としている。しかし、計算格子間隔を細かくすると計算精度も向上するが、計算における負荷が大きくなるため、ハザードマップ等を作成する際の津波浸水シミュレーションでは、10 mの計算格子間隔としている例が殆どである。

本研究では、仮想地形と実地形とを用いて、計算格子間隔の違いにより、浸水計算の誤差を確認することを目的とする。実地形では、神奈川県の中津市・茅ヶ崎市を対象とし、最小計算格子間隔を10 mメッシュから3.33 mメッシュ・1.11 mメッシュに設定する。なお、想定する地震は、相模トラフ沿いの海溝型地震（西側モデル）とする²⁾。

2. 津波計算の支配方程式（非線形長波理論）

津波浸水シミュレーションは海底での摩擦及び移流項を考慮した非線形長波理論とすることを基本としている。非線形長波理論は、質量保存則から導かれる連続の式(式 1)と運動保存則から導かれる運動方程式(式 2, 3)から構成される³⁾。

【連続の式】

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

【運動方程式】

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + g D \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{g n^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + g D \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{g n^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad (3)$$

ここに、 η は水位変化量、 M 、 N をそれぞれ x 方向及

び y 方向の全流量フラックス、 n をマンニングの粗度係数とする。連続の式は、運動方程式より得られる流量から津波の水位を求める式であり、運動方程式、連続の式より得られる水位から、流量を求める式である。これらを交互に計算していくことで津波が伝わっていく状況を把握することが出来る。計算時間は、1時間分とし、初期潮位は0.85 mとする。結果を出力する時間間隔は1分毎とする。

3. 地形データの作成

仮想地形では、海底勾配3ケース(4.4°, 14°, 0.57°)、海岸形状2ケース(直線の海岸、V字型の海岸)の6パターンの仮想地形を作成し、それぞれ粗度係数2ケース分(海域陸域一律0.025, 海域0.025, 陸域0.08)の全12パターン、計算した(図1参照)。

実地形では、270 mメッシュ・90 mメッシュ・30 mメッシュ・10 mメッシュの地形データは、内閣府に公表されているが、3.33 mメッシュ・1.11 mメッシュの地形データはない。そこで、本研究では、国土地理院の5 mメッシュ航空レーザ測量のデータを、Natural Neighborにより補間して、3.33 m・1.11 mメッシュの地形データと粗度係数を作成する。

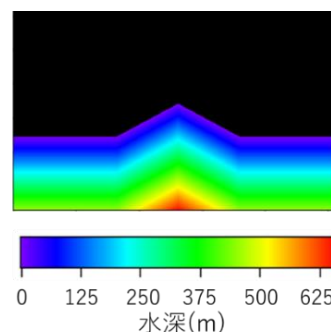


図1 V字型の海岸線を持つ仮想地形

4. 結果および考察

紙面上の都合により、仮想地形では「海底勾配0.57°、V字型の海岸、粗度係数海域0.025、陸域0.08」の計算格子間隔の違いによる結果のみを示す。図2

キーワード 津波数値計算, 計算格子間隔, 計算誤差, 浸水シミュレーション

に計算格子間隔 10 m と 3.33 m での陸域の浸水深の誤差のヒストグラムを示す. 誤差は 0 m から 0.2 m 程度に集中しており, 標準偏差は 0.191 m であった. また, 計算格子間隔 10 m の方が 3.33 m よりも浸水が少し内陸まで進んでいることが分かった.

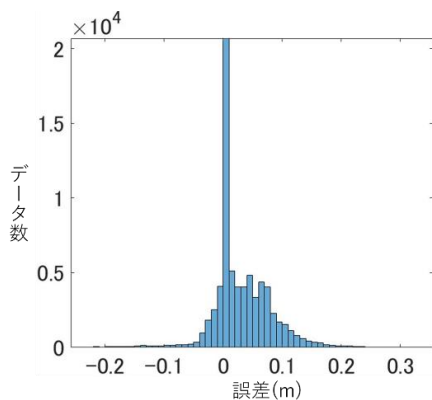


図2 計算格子間隔による誤差

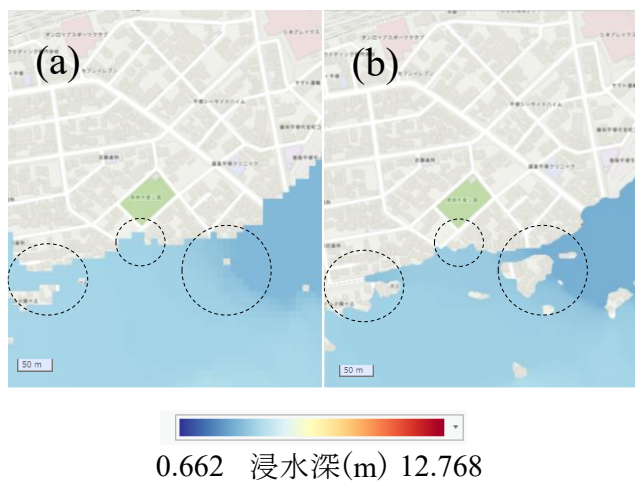


図3 平塚市での津波先端部の拡大図
(a)10 m メッシュ, (b)1.11 m メッシュ

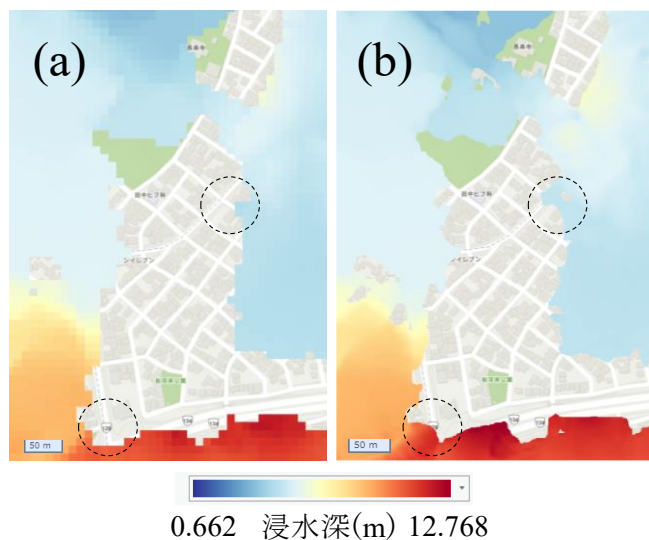


図4 平塚市での住宅密集地の拡大図
(a)10 m メッシュ, (b)1.11 m メッシュ

次に実地形では, 平塚市の結果のみを示す. 図3に平塚市での津波先端部(遡上先端部)の拡大図, 図4に平塚市の住宅密集地の拡大図を示す. (a)および(b)はそれぞれ, 10 m メッシュ, および, 1.11 m メッシュの結果を示す. 図3の津波先端部の結果を見ると, 10 m メッシュの結果の方が, 1.11 m メッシュの結果よりも, 内陸まで浸水していることが分かる. これは, 津波の先端部では, 計算格子が細かい程, 数値計算上の打ち切り水深に近づく時間が早く, 内陸まで遡上していないと考えられる. 次に, 図4の住宅密集地の結果を見ると, 10 m メッシュの結果の方が, 1.11 m メッシュの結果よりも, 浸水領域が狭いことが分かる. これは, 水深が深い場所では, 計算格子が細かい程, 地形の解像度が高く, 市街地等では浸水領域が広がることもあることが考えられる. 10 m メッシュと 1.11 m メッシュでの浸水深の誤差のヒストグラムを確認すると, 誤差は 0 m から 1 m 程度に集中しており, 標準偏差は 0.985 m であった.

5. まとめ

本研究では, 仮想地形と実地形データを用いて, 津波シミュレーションにおける計算格子間隔の違いによる陸域の浸水深の誤差を評価した. 結果, 津波先端部(遡上先端部)では, 粗いメッシュの浸水領域が大きく, 住宅密集地等では, 細かいメッシュの浸水領域が大きくなった. これらの結果は, 津波シミュレーションで計算される津波ハザードマップを確認するうえで考慮しなければならない, 計算格子間隔に起因する誤差である.

参考文献

- 1) 国土交通省: 津波浸水想定の設定の手引き, 国土交通省, 2019年4月,
https://www.mlit.go.jp/river/////shishin_guideline/kai gan/tsunamishinsui_manual.pdf, 2022年11月7日参照.
- 2) 神奈川県県土整備局河川下水道部河港課: 「津波浸水想定」について(平成27年3月),
<https://www.pref.kanagawa.jp/uploaded/attachment/774580.pdf>, 2022年12月3日参照.
- 3) 高橋智幸: 津波防災における数値計算の利用, 日本流体力学会数値流体力学部門 Web 会誌, 2004年11月, 第12巻 第2号, p. 25, 2022年7月5日参照.