

仙台平野での津波痕跡高データベースを利用した津波遡上モデルの精度に関する考察

防衛大学校 学生会員 ○石橋 勇生

防衛大学校 正会員 嶋原 良典

防衛大学校 正会員 多田 毅

1. 背景と目的

2011 年東北地方太平洋沖地震では、東北地方三陸沿岸の広範囲で甚大な被害を被った。このような津波の被害を軽減するには、陸域の津波遡上過程を精緻に予測することが重要であるため、これまで、様々な数値モデルが提案されている。しかしながら、それらの計算精度を評価するための手法については未だ課題が多い。

そこで本研究では、仙台平野を対象にした 2011 年東北津波の数値計算を実施し、得られた遡上計算結果と痕跡調査結果に基づく浸水高データとの比較により、津波遡上モデルの計算精度を説明できる指標を明らかにすることを目的としている。

2. 手法

津波遡上計算には非線形長波理論に基づく Staggered Leap-frog 差分法を使用し、空間格子を 1215m の 1 次領域（東日本全域）から 5m の 6 次領域（仙台平野）まで設定した各領域についてネスティング手法により接続した。再現時間は 150 分とした。また、断層モデルの違いによる計算精度への影響を調べるため、国土地理院（GSI）、東北大学、藤井・佐竹らが提案する 3 種類のモデルを採用した。これらは副断層が 2, 10, 40 枚で構成される。各断層モデルによる初期水位分布を図-1に示す。

上記の設定で得られた数値解析結果の計算精度を評価するための指標として、津波の分野では幾何平均 K と幾何標準偏差 κ が¹⁾、地震学分野では VR (Variance Reduction) が広く使用されていることから、本研究では以上の 2 種類の評価指標について比較を行った。なお VR 値は式 (1) で定義される。

$$VR = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n \{O_i - C_i\}^2}{\sum_{i=1}^n O_i^2} \right] \times 100 \quad \dots (1)$$

ここで、 O_i は i 番目の地点での観測値、 C_i は同計算値であり、 $VR=100$ が最大をとり最も整合的となる。

数値計算の精度を検証するために比較する観測値としては、多田ら²⁾が作成した浸水高データベースを採用した。これは、合同調査グループの公開データを基に、仙台平野の約 680 点について盛土等による障害物や微細な地形の影響の有無等を精査したものであり、信頼性の低い測定値を区別するなどのデータの性質や品質を詳細に検証しているため、従来のものよりも信頼性が高いと考える。

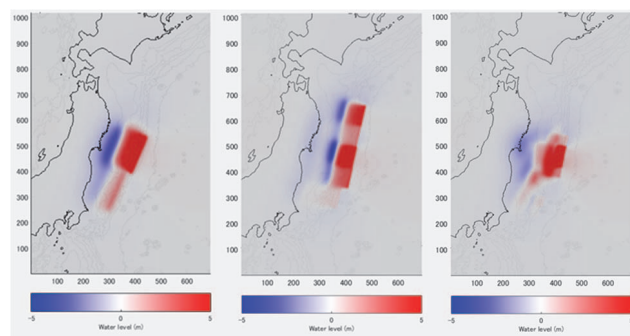


図-1 初期水位分布(左:GSI モデル, 中央:東北大モデル, 右:藤井・佐竹モデル). 図中の赤色は正の水位(押し波), 青色は負の水位(引き波)を示している。

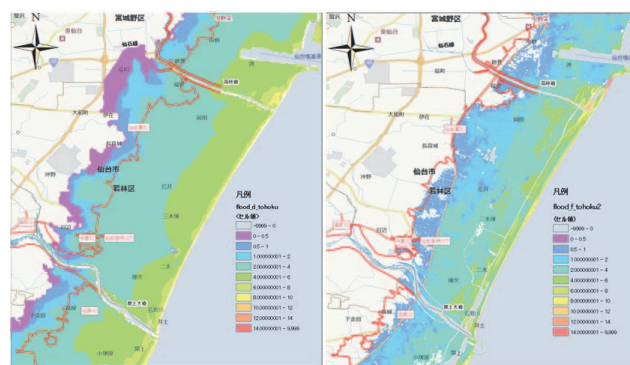


図-2 計算による津波浸水深分布(東北大モデルの場合, 左:空間格子 45m, 右:同 5m). 図中の赤実線は実際の遡上限界を示す。

キーワード 仙台平野, 津波遡上, 幾何平均, 幾何標準偏差, VR

連絡先 〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL. 046-841-3810 E-mail: shigi@nda.ac.jp

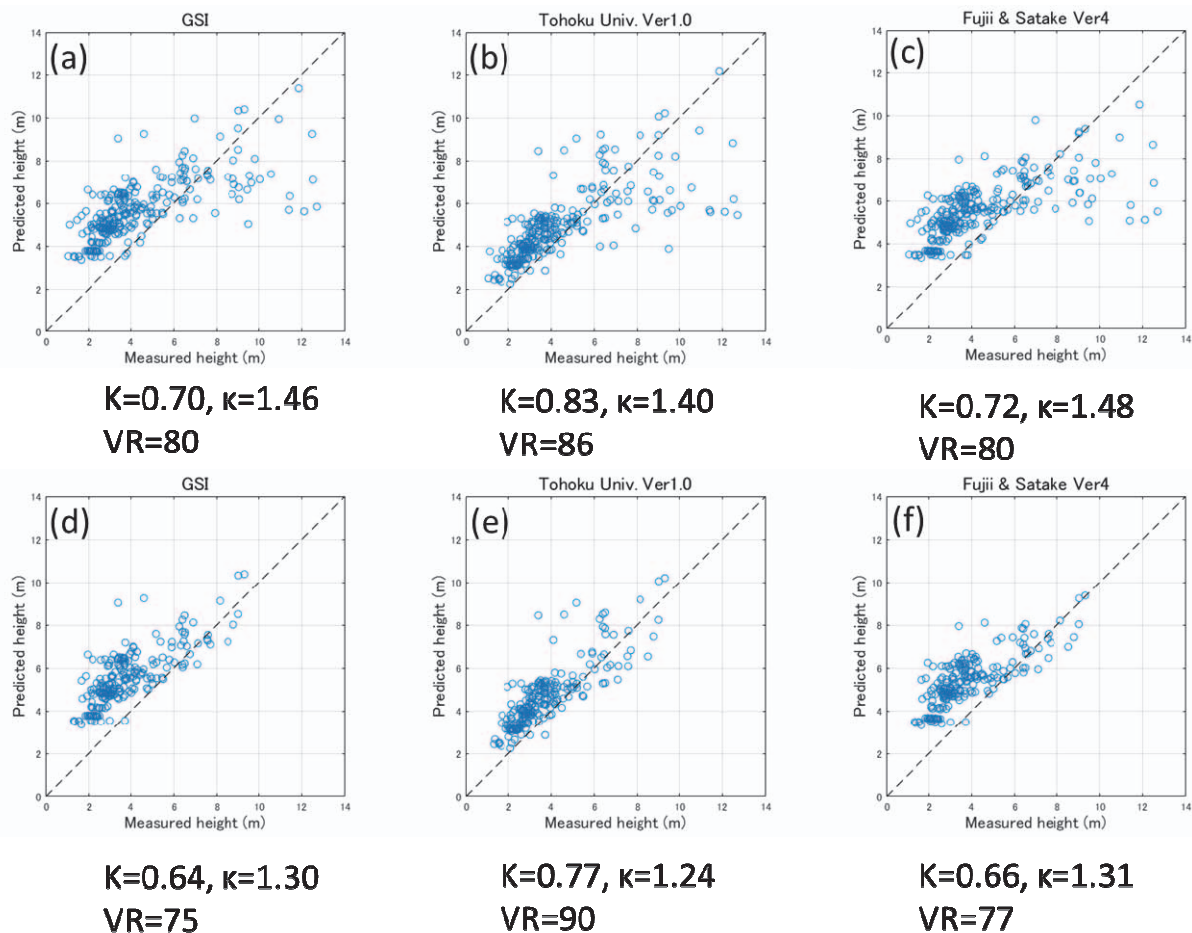


図-3 浸水高の観測値と計算値(5m 格子)の関係. 上段:全データ, 下段:乱されていないデータを抽出

3. 結果と考察

空間格子の違いによる計算結果への影響について、計算の津波遡上範囲と実際の遡上限界を比較する。結果を図-2に示す。これによると、5m 格子の場合はほぼ観測と同等の範囲となっているのに対し、45m 格子の場合は過大評価になっている。これは、5m 格子の地形データの方が微細な凹凸を再現しており、陸側への遡上が妨げられたことが一因として考えられる。他の断層モデルの場合も概ね同様な結果を示した。

以降では、5m 格子の場合での各断層モデルによる浸水高の計算値と観測値を比較する。結果を図-3に示す。図中、上段は痕跡データ全種類を使用した場合であり、下段は障害物や微細な地形の影響を受けない「乱されていないデータ」のみを抽出したものである。上段の場合、浸水高の小さい部分で過大評価となり、逆に 10m 以上の大きい部分で過小評価となる。特に後者は、スプラッシュ等によって流れが乱されたデータが影響していると考えられる。

一方、下段では大きな過小評価はなく、感覚的には (e) が最も観測値を説明していると思われる。

そこで、計算精度を定量的に明らかにするため、各計算に対する評価指標を比較した。 $K \cdot \kappa$ 値の場合、一般に K が 1 に近くかつ κ が小さいほど観測値と良く対応するとされる。その場合、(b) もしくは (e) が候補として挙げられるが、どちらが最適かという判断を下すのは難しい。一方で VR 値の場合は、(e) の VR=90 が最適であることを示しているため、判断基準がより明確である。以上から、本検討事例においては数値モデルの精度を説明する指標として VR が最も妥当であることがわかった。

参考文献

- 1) 土木学会原子力土木委員会 津波評価部会 (2002): 原子力発電所の津波評価技術 本編.
- 2) 多田毅他 (2017): 痕跡調査結果に基づく津波遡上解析のための遡上高・浸水高データベースの作成, 土木学会論文集 B1 (水工学), 印刷中.