

市街地を対象とした津波浸水シミュレーションの不確実性評価

Uncertainty of numerical tsunami models to simulate inundation process in coastal urban area with complex buildings

○福井信気・千田優・Zhougduo Zhang・安田誠宏・Andrew Kennedy・TungCheng Ho・森信人
○Nobuki FUKUI, Yu CHIDA, Zhongduo ZHANG, Tomohiro YASUDA, Andrew KENNEDY,
TungCheng HO, Nobuhito MORI

Inundation of developed areas presents a much greater challenge than the more common bare-earth simulations used in many tsunami studies. This study intercompares the performance of four long wave inundation models on a detailed topographical model of Kainan, Japan, with comparison to laboratory results. All simulations include buildings, which are found to have a large impact on overland propagation. Models show large variation of arrival time as the run-up distance is long since modeled velocity variation is large. Moreover, velocity is more sensitive than surface height and it implies sensitivity by advection and friction terms and inundation scheme (98 words).

1. はじめに

市街地には建物が多数配置されているため、局所的な浸水過程は複雑になり、遡上端や浸水域等の計算精度に議論の余地が残る。近年では、建物形状を地形として直接解像し、浸水計算が行われているが、その結果には使用される流体モデルによる不確実性がある。本研究では、市街地モデルを用いた浸水実験の結果をベンチマークとして複数モデルを用いた浸水計算を行い、相互比較を行うことでモデル間のばらつきを評価する。

2. 実験と数値計算の概要

(1) 浸水実験の概要

本研究では、京都大学防災研究所宇治川オープンラボラトリーにある津波再現水槽 HyTOFU を用いて浸水実験を行った。対象領域は、和歌山県海南市海南地区の沿岸部（実スケールで南北 1 km, 東西 2 km）であり、模型縮尺は 1/250, 模型の大きさは幅 4.0m, 長さ 8.0m とした。

実験において計測したのは、波高計(WG)を用いた水位の時系列（点計測）と画像解析を用いた流速と浸水範囲の時系列（面計測）の 2 項目である。陸域での流速場と浸水範囲の時空間計測のため、ビデオ画像から可視化を行った。平面流速の画像解析には、黄色蛍光塗料で着色した粒径約 4 mm の発泡粒子（比重：0.01）を用いて可視化し、遡上時の流速分布を PIV 法で推定した。また、赤色蛍光塗料により水を着色し、ブラックライトを用

いて撮影されたビデオ画像から、Canny 法により没水領域と非没水領域の境界を検出することで、浸水範囲の特定を行った。

入力波として、ピストン造波による孤立波、ポンプによる一定流、南海トラフ地震で想定される時間波形を用いた。今回は 5 cm 孤立波を入射したケースについて言及する。

(2) 数値計算の概要

浸水計算では、非線形長波理論に基づく流体モデルとして TUNAMI-N2 (Goto et al., 1997), STOC-ML (富田ら, 2002), ND (Kennedy et al., 2019), JAGURS (Baba et al., 2015) の 4 モデルを使用した。粗度係数は模型上で 0.013, 水路上

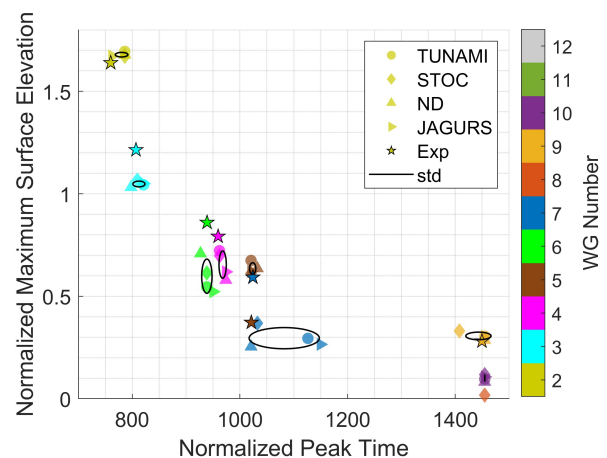


図-1 各 WG (WG2 は港湾部入口, WG3 以降の位置は図-2 に示す) における最大水位とその出現時刻（入射波で正規化, 楕円の大きさは各値のモデル間標準偏差を示す）

で 0.025 とした. 格子解像度は 0.01 m を用いた.

3. 数値計算の結果と考察

(1) 点的データのばらつき

まず, 各 WG 設置点での最大水位とその出現時刻 (ピーク時刻) のモデル間比較を行った(図-1). 沖側に設置されている WG では最大水位・ピーク時刻共にばらつきは小さいが, 陸域では大きい傾向にある. 特に, WG7 では両者のばらつきが大きい. これは WG7 付近の交差点で東西方向と南北方向の流れが到達する時刻にモデル間差異があるためである. 実験や STOC では流れの合流が同時刻に発生するため, 水位の上昇が他のモデルよりも大きくなる. 一方で, ほかのモデルでは東西方向の流れの到達が遅れるため, 水位上昇が小さくなる.

(2) 面的データのばらつき

続いて, 防災上重要な到達時刻・最大水位・最大流速の平面データについてモデル間のばらつきを評価する. 図-2 は到達時刻のモデル間のばらつきを示しており, 汀線からの遡上距離が長くなるごとにばらつきが大きくなっており, 陸域での遡上速度が大きく変化したことがわかる. 実際に岸沖断面 A 上での最大流速と最大水位を確認すると, 主に流速にばらつきがあり, 特に建物のように地

形変化の大きい部分で大きくなる傾向が見られる. モデル間の流速の差は, モデル間の移流項や粗度項の取り扱い, 波先端条件の差によって発生すると考えられる.

4. おわりに

本研究では, 複数の流体モデルを用いた浸水計算を通して, 到達時刻や水位・流速の不確実性評価を行った. 遡上距離が長くなるほど到達時刻のばらつきが大きくなり, 遡上速度の不確実性が確認された. また, 浸水計算で時々刻々計算される水位と流速では, 流速のばらつきが支配的になることがわかり, 移流項や粗度項, 波先端条件の違いによる不確実性が示唆された.

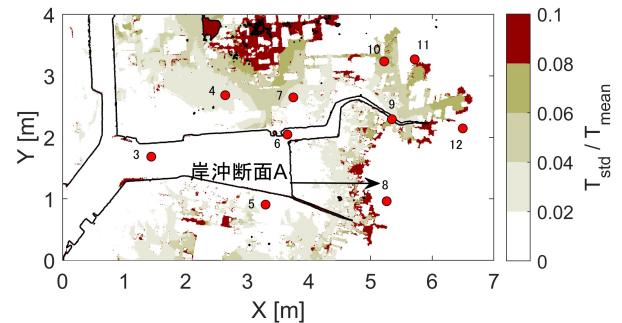


図-2 到達時刻のばらつき (モデル間標準偏差と平均の比) の平面分布

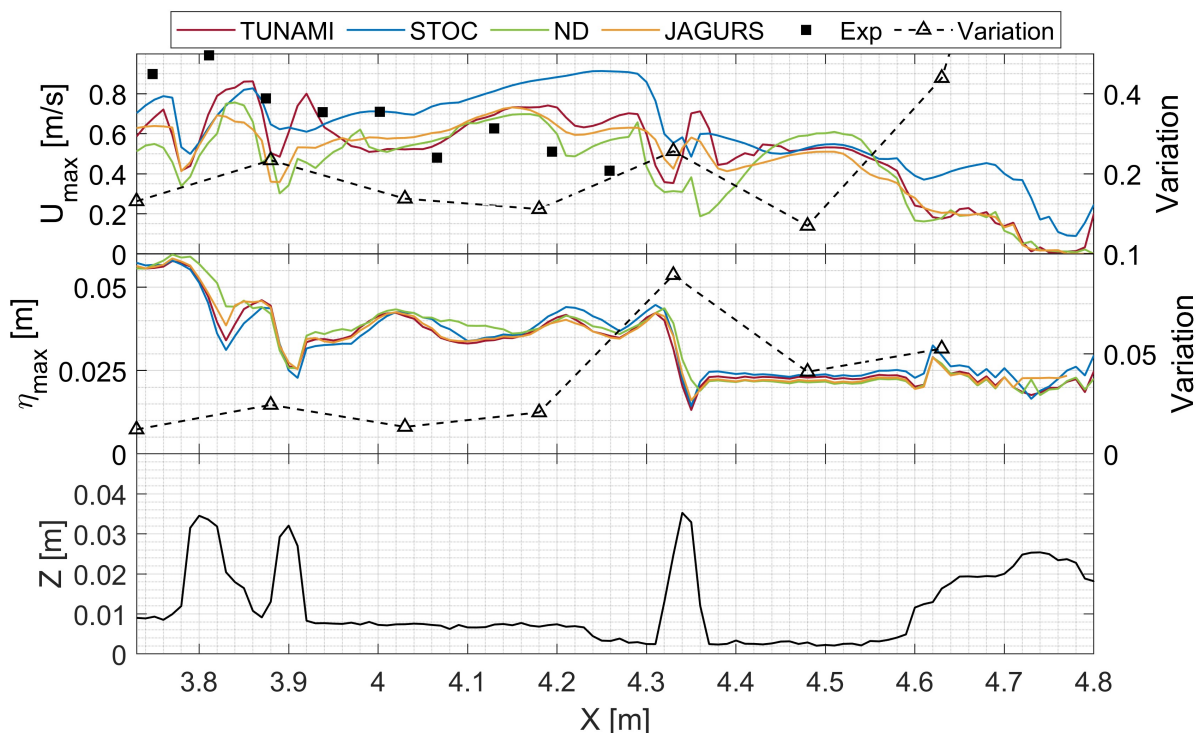


図-3 岸沖断面 A (図-2 参照) における最大流速・水位 (左軸: 絶対値, 右軸: ばらつき) と標高の分布. 各色はモデル, ■ は実験結果を表し, 点線は各値のばらつき (モデル間標準偏差と平均の比) を示している.