

沿岸市街地模型を用いた津波・高潮浸水実験とその数値解析
 Physical and Numerical Modeling of Tsunami and Storm Surge Inundation
 using Coastal City Model

○福井信気・森信人・安田誠宏・Andrew Kennedy・千田優・Zhongduo Zhang・
 Andrew Copp・Che-Wei Chang・山本剛士

○Nobuki FUKUI, Nobuhito MORI, Tomohiro YASUDA, Andrew KENNEDY,
 Yu CHIDA, Zhongduo ZHANG, Andrew COPP, Che-Wei CHANG, Takashi YAMAMOTO

Since a few physical experiments have been done focusing on urban areas, benchmark of local inundation processes such as inundation depth, inundated area, and flood velocity for numerical simulations are few and it is difficult to discuss them. In this study, tsunami inundation experiments were conducted using a coastal city model and spatial distribution of flood velocity and inundation area were measured using PIV and image analysis. We succeeded in capturing complex flow (changing in velocity and inundated area) due to structures. The experimental results will be used as benchmark data for numerical simulation by nonlinear shallow water equation and the applicability of bottom roughness coefficient, drag force or porosity will be discussed (113 words).

1. はじめに

津波や高潮の浸水想定の設定の手引きでは、浸水をシミュレーションする際に、建物や土地利用を粗度係数¹⁾で評価している。しかし、市街地には建物が複雑に配置されているため、局所的な浸水過程は複雑になるはずであり、遡上端や浸水域等の計算精度に議論の余地が残る。数値計算で浸水過程の複雑さを評価する際には、浸水範囲や浸水深などの検証データが必要である。市街地模型を用いた浸水実験²⁾で浸水深などの計測が行われているが、陸上の平面的な浸水範囲や流速の平面分布を測定した研究はほとんどない。本研究では、市街地を遡上する津波・高潮の浸水範囲や流速を時系列で測定し、数値計算の精度検証に用いるベンチマークデータの作成を目的とした。

2. 浸水実験の概要

(1) 津波再現水槽

本研究では、1) 造波装置、2) 津波発生用ポンプ、3) 落下式津波発生装置の3手法を用いることで、多種多様な波・流れの再現が可能な水槽であるHyTOFU(図-1に外観を示す)を用いた。

(2) 市街地模型と計測項目

本研究の対象領域は、和歌山県海南市海南地区の行政機関や津波避難ビルが密集している沿岸部(実スケールで南北1 km, 東西2 km)である。

模型縮尺は1/250, 模型の大きさは幅4.0m, 長さ8.0mである。実験後に、模型を3Dスキャン(図-1の左上に示す)し、建物を解像した地形データを作成した。

実験では、遡上域での流速と浸水範囲の追跡に主眼を置き、ビデオ画像解析を用いた。実験水槽の上部に4Kのビデオカメラを設置し、浸水過程を撮影した。平面的な流速の測定にはPIV(Particle Image Velocimetry)を用いた。黄色蛍光塗料で染めた粒径3~5 mmの発泡ビーズをトレーサ粒子とし、津波の遡上時の流速を可視化した。一方で、浸水範囲は赤色蛍光塗料を用いてその境界を可視化した。沖には超音波式ドップラー流速計と波高計を設置し、流速と水位を測定した。

(3) 沖波入射条件

入力波として、ピストン造波による孤立波(波高5 cmと6 cm), ポンプによる一定流(流量0.015 m³/s, 0.020 m³/s, 0.025 m³/s), 南海トラフ地震で想定される時間波形²⁾を用いた。実験時間は、実験縮尺でそれぞれ120秒, 300秒, 600秒とした。

3. 実験結果

例として、5 cmの孤立波を入射させたケースの結果について説明する。図-2は、孤立波が市街地に到達したときの浸水のスナップショットであり、黒線で浸水境界、矢印でPIVにより測定された流

速を示している。また、カラーは標高を表している。流速に着目すると、浸水範囲外の高い建物 A の周りを回り込むような流れが表れている。これは、建物によって流れがせき止められていることを示し、一般的な浸水計算で用いられる粗度係数¹⁾では、再現することが困難であると予想される。

建物群による水の流れへの影響を評価するために、孤立波が市街地に到達する時刻から建物 A の背後で遡上限界に達する時刻までの流跡線を描いた (図-3)。波が浸水するパターンは、建物群上下にある水路から越流するものと、建物群の正面から越流・浸水するものの 2 つに大分され、後者のほうが支配的であった。さらに、建物群の中間部 ($X = 3.8 \text{ m}$ から 4.2 m) では、建物の配置によって流れの方向が大きく変わっているのがわかる。特に、建物 A を越流した流れは、背後の建物によって下方向に向きを変えている。これは、建物 A による抵抗力によって運動量が減少し、背後の建物の影響を受けやすくなったためと考えられる。

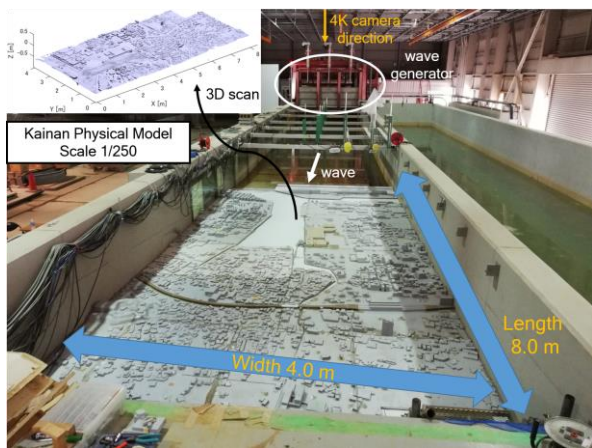


図-1: 市街地模型の外観と 3D スキャンデータ

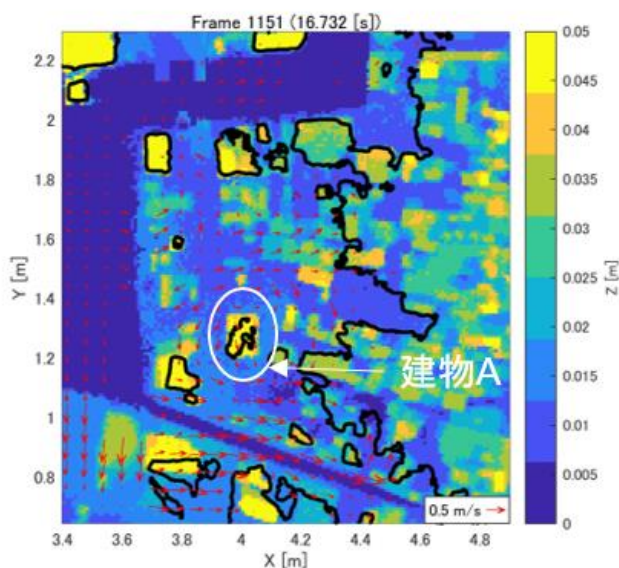


図-2: 孤立波到達時の浸水範囲と流速のスナップショット (黒線: 浸水範囲, 矢印: 流速, カラー: 標高)

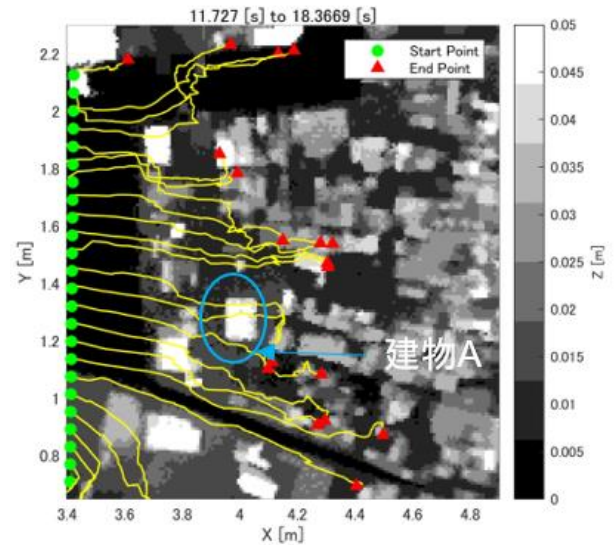


図-3: 孤立波が市街地に到達する時刻から建物 A の背後で遡上限界に達する時刻までの流跡線 (黄線) とその始点 (緑) と終点 (赤)

4. おわりに

本研究では、沿岸市街地模型を用いて津波・高潮を対象とした浸水実験を実施し、平面的な流速分布、浸水範囲を計測した。さらに、浸水域での建物群の鉛直的な高さや配置が、遡上に及ぼす影響を評価した。主な結果として、建物の鉛直効果による水流のせき止めや回り込みが生じ、市街地での複雑な浸水過程が確認された。今後は、実験結果をベンチマークとして、数値計算モデルによって、市街地の取り扱い (高解像度地形、粗度係数、抗力など) について検討する。

参考文献

- 1) 小谷美佐, 今村文彦, 首藤伸夫, GIS を利用した津波遡上計算と被害推定法, 海岸工学論文集, Vol.45, p. 356-360, 1998.
- 2) 安田誠宏, 宮上大輝, 加茂正人, 森信人, 平石哲也, 間瀬肇, 島田広昭: 沿岸市街地模型を用いた津波浸水実験, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.72, No.2, pp.I_385-I_390, 2016.