

徳島大学大学院 学生員 ○遠藤 大文
徳島大学大学院 学生員 源 貴志

徳島大学大学院 正会員 成行 義文
徳島大学大学院 正会員 } 三神 厚

1. はじめに 今後、南海地震は30年以内に約50~60%、50年以内に約80~90%という高い確率で発生すると考えられている¹⁾。南海地震による被害の特徴としては、地震動による直接的な家屋倒壊などの被害のほか、津波による被害も受けることである。したがって、地震時には必ず津波が発生すると考え、迅速に避難することが人的被害を最小限に抑える最善の方法である。避難対策を考える上で、津波の到達位置や到達時間、家屋に及ぼす被害の程度などの情報がわかれば、より有効な対策を策定でき、被害軽減にもつながると考えられる。このような観点より、本研究では、藤原ら²⁾が厳密には考慮できていない津波遡上時の路地分岐点における、各方向への水の分岐比率を簡易実験により求めて、局所近傍則として与え、より現実的な津波遡上シミュレーション手法の構築を行った。それを用いて、津波浸水深、津波遡上速度、ならびに津波が家屋に及ぼす影響についての検討を行った。

2. 実験方法 津波遡上時に水が流れる路地を開水路とし、写真1に示すような幅員3cmのアクリル製の実験装置を作製した。実験では路地の分岐点における水の分岐比率を求めることとし、図1のような6つのパターンについて実験を行った。また、実験中の水の流れは常に定常状態であるとし、一方向から水を流すこととした。水の移動量の測定方法について述べる。パターン1~3では路地の分岐点から分れた後の各水路への移動量を測定する。パターン4~6では水が壁にぶつかった時点の水深を測定し、水の移動量の割合を算出する。また、水深の測定は、ビデオカメラで水の流れを横から撮影し、その画像を目視して測定した。

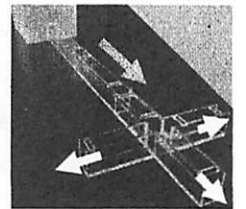


写真1 実験模型

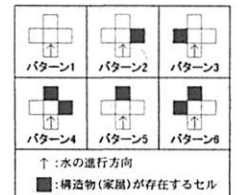
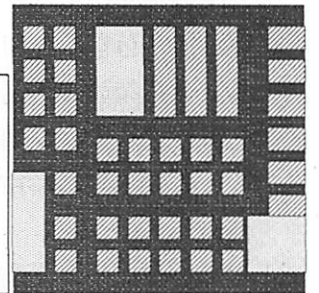


図1 分岐点パターン

3. セルオートマトンを用いた津波遡上シミュレーションシステムの概要

CA³⁾は、計算対象をセルに分割し、各セル上に状態量を与え近傍のセル間の相互作用を表す局所近傍則によって、状態量を推移させる現象のモデル化手法である。本システムは、①:解析対象モデル地区の作成、②:想定地震の決定、③:津波浸水深・局所近傍則の決定、④:津波遡上シミュレーション、⑤:結果の出力・表示の順で行う。解析対象モデル地区は、図2に示すような104m×112mのモデルとした。想定地震は南海・東南海地震が同時発生した場合で、初期水位を3m、初期流速を10m/sとした⁴⁾。また、津波遡上開始位置は図2の下端とする。

1セル□
=2m×2m
田:田畑
粗度係数:0.020
■:家屋
粗度係数:0.013

図2 解析対象モデル地区
(104m×112m, 1セル=2m×2m)

4. 局所近傍則の決定 図3には、実験結果より決定した局所近傍則を示す。

図3には、対象セルの周囲のセルに水がなく、流れてくる水の進行方向が上向きの場合の局所近傍則を示している。また、水の進行方向が右向き、下向き、左向きの場合には、図3に示す局所近傍則をそれぞれ90°、180°、270°回転させて使用する。

5. 津波が家屋に及ぼす被害 本研究では、津波が家屋に及ぼす影響についても検討を行った。飯塚・松富ら⁵⁾の抗力算定式より、水が流れる中における家屋等に働く抗力を浸水深より算定し、家屋の危険度を「大破」、「中破」、「小破」、「被害なし」の4段階で評価した。以下にその抗力算定式を示す。

$$F_D = 0.5\rho C_D u^2 A = 0.5\gamma_w C_D u^2 h_f B/g \quad (1)$$

ここで、 F_D は抗力、 ρ は流体の密度、 A は流積、 γ_w は海水の単位重量、 C_D は抗力係数、 u は陸上流速、 h_f は前面浸水深、 g は重力加速度、 B は浸水部分の幅である。

0.572 ↑	0.739 ↑	0.739 ↑
0.214 ←	0.261 ←	0.261 ←
0.941 ←	0.417 ←	0.941 ←
0.059 □	0.166 □	0.059 □
↑ ¹⁾	→	→
■	■	■
□	□	□
□	□	□

→:水が存在するセル
■:構造物(家屋)が存在するセル
□:何もないセル
↑:水の進行方向

図3 局所近傍則

6. シミュレーション結果と考察 図4に示す解析対象モデル地区内の地点①～⑤の浸水深と道A～Cの津波遡上時間について、シミュレーション結果を示すとともに、その考察を行った。

6.1 津波遡上時の浸水深 表1は地点①～⑤におけるマンニングの粗度係数⁶⁾と浸水深を示している。浸水深の算出には、津波を開水路の不等流と考え、損失を考慮したベルヌーイの式を用いた。地点①～③の浸水深は、地点④、⑤より大きくなっている。これは、家屋に水がぶつかったためである。また、地点①が最も大きな値を示しているのは、津波遡上開始位置からの距離が短いためだと考えられる。地点②では、田畑により水が動きにくくなったことが考えられる。地点④、⑤では、家屋などの障害物がないため、初期波高(3m)より低くなった。これらのことより、構造物や田畑、道路などの土地条件が津波浸水深に影響を及ぼしていることがわかる。

6.2 津波遡上時間 表2は道A～Cにおける津波遡上時間を示している。道Aでは、途中まで田畑の影響により流速が遅かったと見られるが、途中道幅が急激に狭くなったため流速が速くなり、道B、Cより津波遡上時間が短くなったと考えられる。また、道Cの付近は、道幅が他の道に比べて広がっていることや田畑の影響により、比較的流速が遅くなったと考えられる。これらのことより、津波遡上時間も構造物や田畑、道路などの土地条件により影響を受けることがわかる。

6.3 津波が構造物に及ぼす被害 解析対象モデル地区の家屋が、全て木造の場合と全てコンクリート造の場合の被害について検討を行った。また、本研究では、家屋が大破や中破しても、構造物はそのままの状態を保ち、瓦礫等は流れないとする。図5、6はそれぞれ木造及びコンクリート造の被害結果を示している。木造の場合は、津波が最初にぶつかる家屋は大破し、それと重なって建っている家屋は小破となり、解析対象地区全域で被害が発生した。コンクリート造の場合は、津波が最初にぶつかる家屋は中破するものの、それ以外は被害無しとなった。このことから、特に沿岸部付近の家屋は津波による損壊についても検討すべきであると言える。なお、本シミュレーションでは家屋損壊後も構造物の形状は変化しないため、全体の被害は実際よりも小さく判定されていると考えられる。

7. おわりに 簡易開水路実験により、路地の分岐点における水の分岐比率を決定し、それを考慮した局所近傍則を設定することで、より現実的な津波遡上シミュレーションを行うことができた。今後はモデル地区の模型を作製し、シミュレーション結果との比較検討を行う予定である。

8. 参考文献

- 1) 文部科学省研究開発局地震・防災研究課 地震調査研究推進本部
ホームページ <http://www.jishin.go.jp/>
- 2) 藤原康寛:セルオートマトンを用いた津波遡上シミュレーションに関する基礎的研究,
土木学会四国支部 第14回技術研究発表会講演概要集, pp.72-73, 2008.5
- 3) 森下信:セルオートマトン 複雑系の具象化, 養賢堂, 2003
- 4) 南海地震情報コーナー, 徳島県ホームページ <http://www.pref.tokushima.jp/>
- 5) 飯塚秀則・松富英夫:津波氾濫流の被害想定, 海岸工学論文集, 第47巻, pp.381-385, 2000.
- 6) 津波・高潮ハザードマップマニュアル(案) http://www.mlit.go.jp/kowan/hazard_map/5/shiryou2.pdf

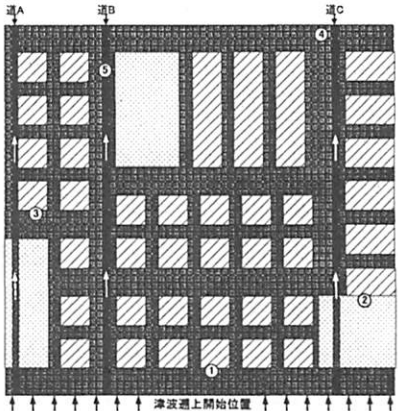


図4 解析対象モデル地区上の測定地点

表1 着目点(①～⑤)の粗度係数と浸水深

点番号	マンニングの粗度係数	浸水深(m)
①	0.015	4.012
②	0.020	3.665
③	0.015	3.661
④	0.015	2.642
⑤	0.015	2.731

表2 各道の津波遡上時間

道番号	津波遡上距離(m)	津波遡上時間(秒)
A	104	5.575
B	104	6.731
C	104	7.731

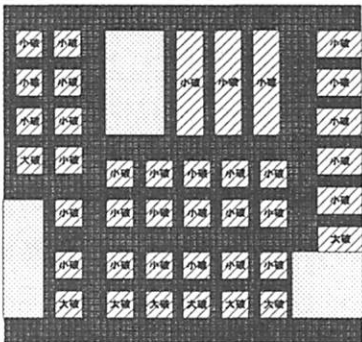


図5 津波による家屋の被害(木造)

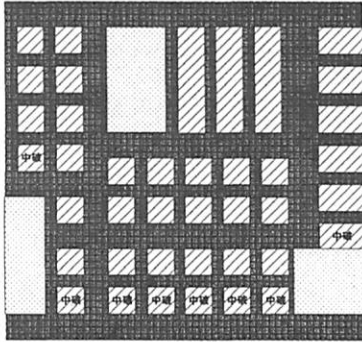


図6 津波による家屋の被害(コンクリート造)