

避難行動シミュレーションに基づく高潮浸水時における避難場所の適地評価に関する研究

香川大学大学院 学生会員 ○久保栞, 非会員 和田光真, 香川大学 フェロー 吉田秀典
 東京大学地震研究所 フェロー 堀宗朗, 正会員 市村強, 正会員 M.L.L. Wijerathne

1. はじめに

2004年8月に発生した台風16号の接近により、高松市は高潮による多大な被害を受けた。高松市において指定されている避難場所は、学校やコミュニティセンターといった既存の建物が大半を占めているが、指定にあたっては、過去の水災害に関する記録や地形というようなデータを基にしていない。そのため、上記の台風接近時には、指定されている避難場所が浸水し、多くの住民が避難行動を制限された。そこで本研究では、高潮発生時における浸水解析を行い、得られた浸水状況を考慮した避難行動シミュレーションを行う。また、複数の避難場所を新たに設けたシミュレーションも行い、2つのシミュレーションにおける避難経路の相違や避難完了に要する時間等を把握することで、適切な避難場所の配置や避難経路等を検討することを目的とする。

2. 解析手法

2. 1 高潮浸水解析

本研究では、3次元流体力学ツールのOpenFOAMを用いて、高潮発生時の浸水解析を行う。本解析では、VOF法を用いた混相流解析ソルバーを用い、海側の境界面において、一定周期・波高の波を常時発生させる。このソルバーは非圧縮性・非定常・等温の流体を対象としており、基礎方程式はNavier-Stokes方程式、連続式、そして移流方程式である。

2. 2 避難行動シミュレーション

避難行動シミュレーションを行うにあたっては、著者ら一部が開発した避難行動シミュレータを使用する。このシミュレータはマルチエージェントシステム(Multi-Agent System)を採用しており、避難時に発生する、追い越しや停止といった複雑な行動を表現することが可能である。また、これらの行動を表現するにあたって、歩行速度といった運動能力のデータや、異なる追い越し・停止の判断基準といった知性のデータを有するエージェントを用いることとする。

3. 高潮浸水解析

3. 1 解析対象エリアと解析条件

本研究では、高松市中心部において浸水解析を行う。本解析における対象領域を高潮浸水想定区域図(図-1)にて黒枠で示す。解析メッシュの下面(地表面)については、国土院が提供する5m間隔の数値標高データを採用し、解析メッシュの北側面において、2004年に発生した台風16号接近時の状況を参考に、波高が1.47mの波を周期11.5秒で発生させる²⁾。

3. 2 高潮浸水解析の結果と考察

解析エリアにおける浸水解析結果のうち、浸水開始から1800秒後、2400秒後の浸水状況を図-2に示す。なお、浸水の有無は個々のメッシュにおける液相の体積率である α 値を基に判断する。本解析において、最下面を形成するメッシュの高さは1.0mであることから、 α 値が0.5である場合、浸水深は0.5mに相当する。

浸水開始から1800秒が経過すると、広範囲にわたって α 値が0.3

~0.5程度の浸水となっている。浸水開始から2400秒が経過すると、エリア北西部や北東部においてはエリア

キーワード 避難行動シミュレーション, マルチエージェントシステム, 浸水解析, OpenFOAM

連絡先 〒761-0396 香川県高松市林町2217-20 TEL: 087-864-2000



図-1 高潮浸水想定区域図¹⁾

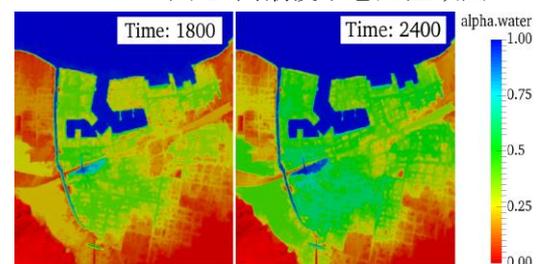


図-2 高潮浸水解析結果

中央部ほど浸水が見られない。これは、高潮の場合、浸水が遅く、水に勢いがそれほどないことから、周囲よりも標高の高いエリアへは水が遡上することなく、内陸部へ流入したためであると考えられる。

4. 避難行動シミュレーション

4. 1 解析対象エリアと解析条件

避難行動シミュレーションについては、前章で行った浸水解析と同じ領域を対象とする。解析では、図-1にある青丸内の数字1~12と南部の山を避難場所として設定する。また、エージェントを都市モデル内に3000人配置させる³⁾。これらのエージェントは年齢・性別によって分類しており、それぞれに異なる歩行速度と標準偏差を与えている。さらに、浸水解析開始から1800秒、2100秒、2400秒後における浸水状況を、本シミュレーションで使用する都市モデルに反映させるが、避難を行うにあたって、成人が歩行困難となる浸水深は0.5m程度であるため⁴⁾、前章の浸水解析において、最下面におけるメッシュの α 値が0.5以上となった場合を本解析では浸水による通行不可能区域として設定する。

4. 2. 避難行動シミュレーションの結果と考察

節においては、まず、都市モデルに既存の避難場所のみを配置した使用した場合（以降、ケース1とする）の避難行動シミュレーション結果を示す。避難行動シミュレーション結果のうち、避難開始から2400秒後のエリア北部における避難状況を図-3上部に示す。さらに、時間経過に伴う避難完了率の推移を図-4に示す。避難開始から2400秒が経過すると、避難場所1の西側や避難場所8の北側において多くのエージェントが浸水に巻き込まれている（図-3）。その結果、避難完了率は避難開始から2400秒付近で横ばいとなっている（図-4）。

上記の結果を踏まえ、エージェントが浸水に巻き込まれず避難できるよう、避難場所1付近に避難場所A、避難場所8付近に避難場所Bという新たな避難場所を設けた解析（以降ケース2とする）を行う。その結果のうち、ケース1と同時刻・同エリアにおける避難状況を図-3下部に示す。なお、時間経過に伴う避難完了率の推移も図-4に併せて示す。図-3より、避難場所を新たに設けることで、エージェントは一定時間後に浸水する道路を使用せず、ケース1で向かっていた避難場所とは異なる避難場所へ移動している。そのため、避難完了率は、最終的にケース1よりも10%程度高く、90%を超える結果となった（図-4）。

5. まとめ

高潮による浸水状況を反映させた避難行動シミュレーションを行うことで、既存の避難場所だけではエージェントが浸水に巻き込まれ、避難をし終えることができないということが判明した。しかし、浸水が顕著な区域付近に新たな避難場所を配置することで、多くのエージェントは浸水に巻き込まれることなく避難し終えることが可能となり、こうした避難場所の配置は適切な避難行動の促進に有効であることが判明した。

参考文献

- 1) 高松市高潮想定区域図, <http://www.city.takamatsu.kagawa.jp/takamatsubosai/pdfmap/takasio.pdf> (平成30年現在閲覧可)。
- 2) 加藤史訓, 稲垣茂樹, 野口賢二, 福濱方哉: 2004年の高潮・高波被害, 第273号国土技術政策総合研究所資料, p.10, 2005
- 3) 香川県高松市: 第2期高松市中心市街地活性化基本計画, p.114, 2013
- 4) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部: 内水浸水想定区域図作成の手引き, pp.11-12, 2015.

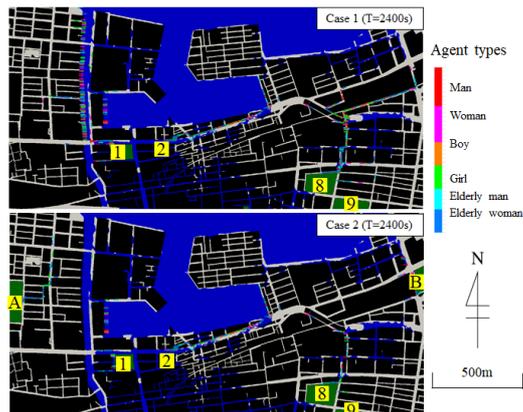


図-3 避難状況 (T=2400s)

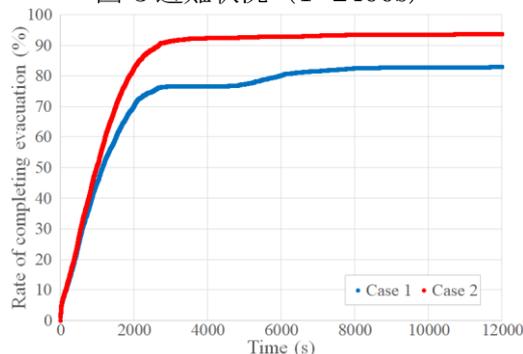


図-4 時間経過に伴う避難完了率