

高潮ならびに津波浸水時における避難行動シミュレーション

香川大学 学生会員 ◦久保栞, 賛助会員 和田光真, 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 Wijerathne Maddeggedara Lalith Lakshman

1. はじめに

沿岸部では様々な水災害が発生する可能性があり, その際にはそれぞれに対応した避難行動をとることが望まれる. そのためには浸水が起きてから何分で自宅が浸水するのか, どの避難経路・場所が使用できるのかといった情報が必要である. そこで本研究では, 高潮と津波に対して, 浸水解析とその結果を反映させた避難行動シミュレーションを行い, 適切な避難行動のとり方について事象別に議論することを目的とする.

2. 解析手法

2.1. OpenFOAM

浸水解析は OpenFOAM を用いて行う. 高潮解析については, interFoam と称されている VOF 法を用いた混相流解析ソルバーに造波ソースを追加した ihFoam を, 津波解析については interFoam を使用する. なお, 両ソルバーの基礎方程式は 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については, マルチエージェントシステム (Multi-Agent System, 以降 MAS) を採用する. MAS では個々の要素間相互作用のみをルール化することで, 複雑な現象を再現することができる. さらに, 避難行動をとるにあたって発生する, 追い越しや停止を表現するため, 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.

3. 津波・高潮解析

3.1. 解析対象エリアと解析条件

本研究では高松市北部のうち, 高潮浸水想定区域図 (図-1 左) と津波浸水想定図 (図-1 右) にて, それぞれ黒枠で示すエリアを対象とした. 解析領域の下面 (地表面) については, 国土地理院が提供する 5m 間隔の数値標高データを採用する. 解析メッシュの北面は造波境界とし, 高潮浸水解析では 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 11.5s の周期で発生させ, 津波浸水解析では, 初期水面高さを満潮時の水位である T.P.1.2m とし, 沿岸部において波高が 4.0m となる孤立波を発生させる.

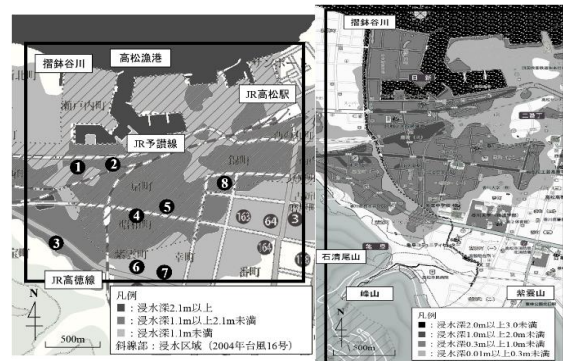


図-1 高潮・津波発生時の浸水想定図 1),2)

3.2. 高潮・津波浸水解析結果

まず, 高潮による浸水解析結果のうち, 1500 秒後の浸水状況を図-2 左に示す. なお, 浸水の有無は液相の体積率である α 値を基に判断する. 本解析では, 各メッシュの高さを 1.0m としているため, 1.0m に解析エリア最下メッシュにおける α 値をかけた値を浸水深とする. 鉛直方向の複数のメッシュにおいて α 値が 1.0 であった場合, そのメッシュの高さの和を浸水深とする. 浸水開始から 1500 秒が経過すると, エリアの大部分が浸水し, その中でも高松漁港西部, 南西部では, 特に浸水が深いことが確認された. 一方で, 海に面している高松駅周辺や摺鉢谷川の西側では一部浸水が見られない. また, 高潮浸

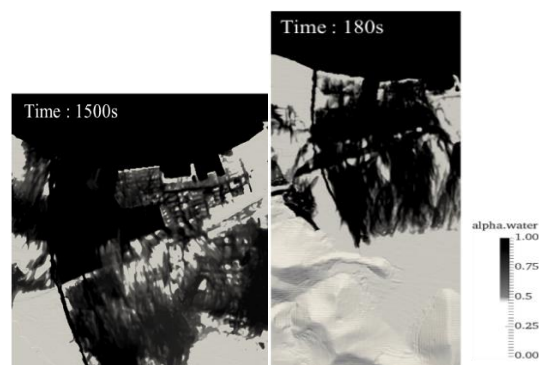


図-2 高潮・津波発生時の浸水状況

また, 高潮浸

水想定図によると、この周辺は浸水深が海に面しているに関わらず、内陸部よりも浸水深が浅く想定されており、数値解析のそれと合致が見られ、本解析手法は妥当であると考える。

次に津波による浸水解析結果のうち、180 秒後の浸水状況を図-2 右に示す。このとき、高潮浸水解析時には全く浸水していなかった解析エリア南西部の摺鉢谷川と峰山に囲まれた区域にも浸水が見られる。津波浸水想定区域図において、高松漁港南西部にある JR 予讃線と高德線が二手に分岐する付近の浸水が特に深い。解析においても同様である。浸水深は平均的に 1.0m 程度、最も深いところでは 2.0m の浸水となっていることから、津波浸水想定区域図と合致しており、高潮解析と同様、本解析手法は妥当であると考える。

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では、浸水解析で使用した 2 つのエリアのうち共通している領域について図-2 の浸水状況をそれぞれ反映させて解析を行う。解析においては避難場所を計 8 ヶ所選定し、それらは前章の図-1 左にある黒丸内の数字 1～8 とする。次に、エージェントを都市モデル上に乱数を用いてランダムに 2,500 人³⁾配置する。なお、エージェントの歩行速度は、平均 1.2m/s とするが、群衆歩行速度を考慮し、歩行速度の標準偏差を 0.4 とすることで、各エージェントに異なった歩行速度を与える。

4.2. 高潮・津波による浸水時の解析結果および考察

まず、高潮による浸水を考慮した避難行動シミュレーション結果のうち 300 秒、1200 秒後の避難状況を図-3 に示す。避難場所 3 においてはエリア北西部に配置されていた大半のエージェントが避難しているため、行列が発生している。同様に、避難場所 4 においても、周囲のエージェントが集まっており、渋滞が発生している。避難開始から

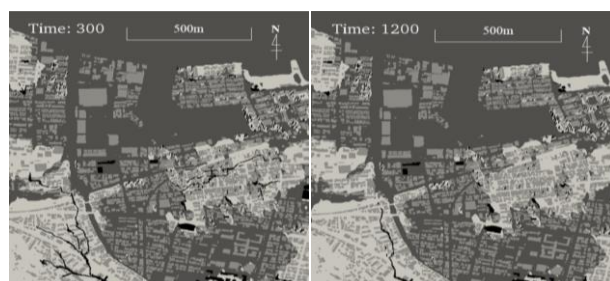


図-3 高潮発生時の避難状況(T=300s, 1200s)

1200 秒が経過した時点では、前述の避難場所 3 において、行列をなして避難していたエージェントも大半が避難を終えている一方で、避難場所 4 北側では、道路が狭いため閉塞を引き起こし、渋滞が悪化している。

次に、津波による浸水を考慮した避難行動シミュレーション結果のうち 150 秒、300 秒後の避難状況を図-4 に示す。津波は高潮と比較すると水に勢いがあることから、海に面した地域でも標高が高ければ一定時間が経過すると波が通過し、エリア北西部など、浸水していないところが多い。しかし、最も近い避難場所 1 が浸水しているため、それより南にある避難場所 3 へ向かおうとするが、複数の道が浸水によって使用できないため、多くのエージェントが避難できないという結果となった。

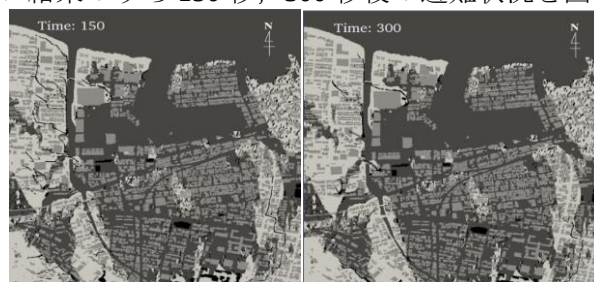


図-4 津波発生時の避難状況(T=150s, 300s)

5. まとめ

異なる水災害時の浸水状況や避難行動の差を把握するため、高潮・津波浸水解析とそれを反映した避難行動シミュレーションを実施した。浸水解析では高潮・津波のどちらにおいてもそれぞれの浸水想定図と類似した結果となった。避難行動シミュレーションでは浸水の有無によって避難経路・場所が大きく異なることが判明したが、本解析は単一エージェントで行っているため今後は複数のエージェントを用いる必要がある。

6. 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 28 年閲覧可)。
- 2) 津波浸水想定図 (二番丁), http://www.city.takamatsu.kagawa.jp/takamatsubosai/pdfmap/nisshin_24_kameoka.pdf (平成 28 年現在閲覧可)
- 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.