

高潮・津波災害予測シミュレーションに基づく避難情報提供システムの開発

香川大学 フェロー ○白木渡 香川大学 正会員 井面仁志
ジェイテクト 非会員 松原雄三

1. はじめに

2011 年の東日本大震災の被害は、2012 年 1 月 18 日時点で死者数 15844 人、行方不明者数 3393 人、全壊数 128578 戸に上っている[1]。今回の被害の特徴として死因の 92.4%が溺死であること。また、そのうちの 65.2%が高齢者であることが挙げられる。今回の大震災の避難行動の分析結果によれば、避難行動開始後から避難完了するまでに要する時間（避難所要時間）が長い傾向にあり、避難行動に関する課題が指摘されている。

本研究では、今後発生が予測されている南海トラフ巨大地震に備えて、高松市沿岸部の二番丁地域を対象として、高潮・津波災害時および大規模地震発生時の災害状況を想定した避難シミュレーションを実施する。そして、その結果をデータベースシステムにまとめ、その地域の災害特性に応じた最善な避難計画を提案する。

2. 地震発生後の避難シミュレーションシステム

本研究では、CA 法を用いて地震発生後の避難シミュレーションシステムを開発する。システムにおける空間モデル、セル状態、水の移動法則、避難者モデルの概要を以下に示す。

空間モデルは、2次元格子モデルを用い、セルの大きさは1セル 50cm 四方として設定した。シミュレーションの単位時間 1step の値はシミュレーション結果と実測値の検証を行い、設定している。1step の実時間は浸水予測では 1.67 秒、人間の行動では 0.45 秒とする。

セルの状態は、以下の 4 種類である。避難者、水、障害物(建物など移動不可能なセル)、移動可能空間(何もない空間、出口など)。避難者の種類は成人型、高齢者型、避難困難者型が存在し、種類によって移動速度や行動法則に違いを持たせる。

各セルは、浸水深、標高、土嚢の高さの合計値を保有している。水の拡散方向は周囲 8 セルの合計値の比較によって決定する。まず、周囲 8 セルの合計値を比較し、最も合計値の低いセルを決定し、その方向に水が移動する。最も低いセルが 2 つ以上の場合はランダムに 1 方向を選び水を移動させる。ただし、現在のセルの合計値が周囲 8 セルのどの合計値よりも低い場合は、水は移動しないものとする。

避難者の移動する確率は、浸水深に影響を受ける。水の高さが膝の高さまでであると歩行が困難になると考えられる。そのため浸水深が 50cm に達すると避難行動困難と設定する。それ以下の浸水深の場合は式(1)によって設定された値に従う[2]。なお、浸水深の単位は、[m]と設定する。

$$W_n^t = -\frac{1.0}{0.5} \times (\text{浸水深}) + 1 \quad (1)$$

大規模な地震が発生したときに生じる現象として、ブロック塀・木造家屋倒壊による障害物の発生が挙げられる。既存の防災マップの情報を活用し、障害物の道路占有率上昇の影響を移動確率低下としてシステムに反映させる。障害物の道路占有率のモデルを図 1 に示す。図 2 は液状化現象によって高松市全域の地面から水が滲み出してきた事態を想定し、シミュレーション範囲の陸地全域の各セルから水を発生させた結果を示している。左の図が一律に 2.5cm の深さ、右の図が一律に 5cm の深さを、それぞれ示している。

3. シミュレーションシステムの実用例（最短経路の避難）

シミュレーション範囲における平常時の最短経路では、浸水深 50cm 以上の地点が避難経路上に存在する。そのため避難困難者が多数発生し、災害時に普段利用している経路で避難を行うことは危険となる。そこで障害物の道路占有率上昇への対策として、幅員の広い経路を選び、液状化現象による浸水への対策として標高の低い地点を避けることを考える。この考えのもとに経路変更を行い、シミュレーションにより避難困難者以外の全員の避難完了時間、避難困難者数を確認する。この地域の一次避難所として設定した香川県立盲

学校へ向けて避難者は一斉に避難を開始する。避難者の属性は高齢者型でシミュレーションを5回を行い、その平均値を結果とする。なお、対象地域は、高松市二番丁地区の扇町一丁目、シミュレーション範囲は、東西420セル、南北340セル(実面積210×170m)である。また、被災の条件を以下の(1)～(4)に示す。(1)被災なし(平常時と同様)、(2)液状化現象発生(各セルから5cmの水が発生)、(3)ブロック塀・木造家屋倒壊発生、(4)ブロック塀・木造家屋倒壊、液状化現象の両方発生。

図3に示すシミュレーション結果から高齢者の避難を考える場合、香川県立盲学校へ向かう一次避難の段階で被災状況によっては、30分程度の避難時間がかかることが示された。同様に様々なケースでシミュレーションを行い、避難先を一次避難所ではなく、家から最寄りの4階建て以上の建物へと緊急的な避難を行ったケースでは、最長で15分程度、混雑の影響がある集団ではなく、避難者が単独で一次避難所である香川県立盲学校へ向かうケースでは、最長20分程度の時間が必要であることが示された。

4. 避難情報提供システムの活用事例

二番丁地区の防災会議では、避難準備、一次避難、安否確認、二次避難の順番で避難計画を策定している。実地調査とシミュレーション結果を組み合わせ、導出した結果はそれぞれ20分、30分、10分、20分となる。図4に避難計画通りに行動したときのタイムテーブルを、図5に構築したデータベースの一例を示す。

データベースには、対象地域の避難計画と避難準備に費やした時間、地域住民の行動のタイムテーブルと避難先を示す。また、避難準備で20分以上の時間を費やした場合を想定し、一次避難所からの集団避難だけではなく、避難所への直接避難、避難先を変更するなど、地震発生後の任意の時点での地域住民の最善な行動を誘導できるように示している。

5. おわりに

今後は、シミュレーション範囲の広域化、避難者の経路選択最適化を高精度かつ容易に実施可能なシステム開発を目指したいと考えている。



図1 二番丁地区における震災時の障害物の道路占有率



図2 水がしみ出したときの高松市の浸水状況

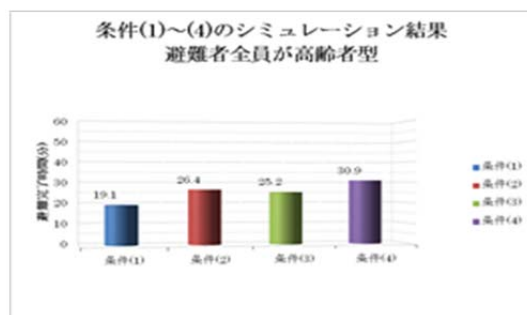


図3 避難者が全員高齢者型での条件(1)～(4)の結果



図4 水がしみ出したときの高松市の浸水状況

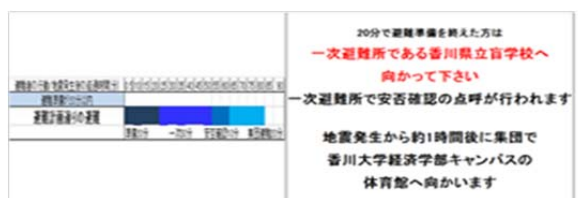


図5 シミュレーションデータベースの出力例

参考文献

- [1]中央防災会議:従来の被害想定と東日本大震災の被害(概要), 2012年1月.
- [2] 明田 修・天野貴文・内田裕丈(2001)「GISを用いた洪水氾濫時避難行動解析システムの開発」『GIS ー理論と応用』 Vol.15 (2007), No.1, pp.23-28.