

## 高潮災害時の避難シミュレーションデータベースシステムの構築と活用

香川大学工学部 学生員 ○松原雄三  
香川大学工学部 フェロー 白木 渡  
香川大学工学部 正会員 井面仁志

### 1. はじめに

高松市では、平成16年の台風16号・18号来襲時に、高潮災害が発生した。その際、避難勧告発令の遅れや出されなかった地域があり、多くの住民が逃げ遅れ、避難できない状態に陥り、被害が拡大した。災害発生時に適切な避難勧告を発令し、住民の迅速な避難を実現することは行政の責務である。そのためには、災害が発生してから避難勧告の時期や被害軽減対策を考えるのではなく、事前に様々な状況下での被害発生状況を想定して対策を検討しておく必要がある。

本研究では、高松市を対象として、高潮災害時の浸水拡散予測や避難危険性を事前に把握可能なシミュレーションシステムを開発する。開発したシステムを活用して、地域ごとの避難勧告を発令する適切なタイミング、避難経路を検討する。

### 2. CA 法による浸水拡散予測及び住民避難シミュレーションシステムの開発

本研究では、CA 法を用いて高潮による浸水拡散及び住民避難シミュレーションシステムを開発する。CA 法は、複雑な現象を簡単な規則により再現できる特長を有しており、複雑系のシミュレーションに良く用いられている。

#### 2.1 空間のモデル化

空間モデルとして、図 2. 1 に示すような 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。シミュレーション時間 1step は浸水予測モデルでは実時間で 1.67 秒、避難モデルでは 1step、実時間で 0.45 秒と設定する。

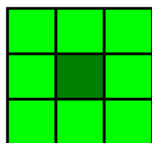


図 2.1 2 次元格子モデル

#### 2.2 セルの状態

セルの取りうる状態としては、1) 人、2) 水、3) 障害物（建物、ブロック塀など移動不可能なセル）、4) 移動可能空間（何もない空間、出口など）の 4 種類を考える。

また、避難者の種類としては、通常型（大人）、追従型（子供）、高齢者、乱型（パニック型）、避難不能

者が存在し、移動速度や行動法則に違いを持たせる。

#### 2.3 水の移動法則

各セルは、浸水深、標高、土壌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する。最も低いセルが 1 の場合は、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、ランダムに 1 方向を選んで水を移動させる。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。

#### 2.4 避難者の移動確率

避難者の移動する確率は浸水深に影響を受ける。膝の高さまで水があると歩行が困難になると考えられることから、浸水深が 50cm に達すると避難行動が不能という条件設定にする。それ以下の浸水深の場合は、式(2.1)に従う<sup>1)</sup>。

$$W_n^i = -\frac{1.0}{0.5} \times (\text{浸水深}) + 1 \quad (2.1)$$

ここに、浸水深の単位は[m]と設定する。

### 3. シミュレーションシステムの実行

#### 3.1 避難勧告を発令する適切なタイミングの検証

効果的に避難勧告を発令するためには、様々な条件下での浸水予測、避難シミュレーションを実行しておく必要がある。ここでは、以下に示す 5 ケースの浸水状況下での避難危険性について検討する。シミュレーションにより、避難不能者以外の全員が避難完了する時間や避難不能者の有無を確認する。10 回シミュレーションを行い、その平均値をシミュレーション結果とする。結果を図 3.1～3.5 に示す。

- ・対象地域：高松市二番丁地区
- ・セルサイズ：1 セルを 50cm 四方と設定
- ・範囲：東西 400 セル、南北 338 セル(実面積 200m × 169m)

- (1) 浸水なし
- (2) 浸水開始から 5000step(約 140 分)経過したとき
- (3) 浸水開始から 10000step(約 280 分)経過したとき
- (4) 浸水開始から 15000step(約 420 分)経過したとき
- (5) 浸水開始から 20000step(約 560 分)経過したとき



図 3.1 条件(1)の浸水状況

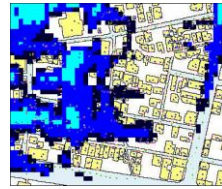


図 3.2 条件(2)の浸水状況

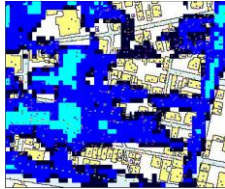


図 3.3 条件(3)の浸水状況

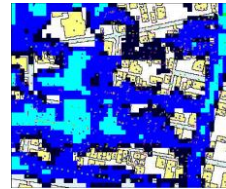


図 3.4 条件(4)の浸水状況

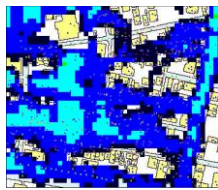


図 3.5 条件(5)の浸水状況

シミュレーション結果から、浸水開始 5000step(約 140 分)経過から 10000step(約 280 分)経過の間に避難不能者発生境界が存在している。そこで、5000step 経過した時点から実時間で約 30 分に当たる 1080step 経過ごとの浸水状況でシミュレーションを行い、避難不能者発生境界をより詳細に調べた。その結果から避難不能者が発生するタイミングは、二番丁地区が浸水開始後 7160step(約 200 分)という結果が得られた。安全に避難するには、遅くとも浸水発生から 170 分経過するまでに、避難者全員が避難を開始しなければならないことが考察できる。

### 3.2 適切な避難経路の検証

避難経路として、危険な地域を避けた経路を検討する。浸水状況と経路ごとに、避難完了時間、避難不能者の有無を確認して最適な避難経路を考察する。それぞれの条件設定で 10 回シミュレーションを行い、その平均値をシミュレーション結果とする。

- (a) 浸水なしのときの避難所への最短距離の経路 (図 3.1 と同じ結果)
- (b) 浸水深が低い地域から避難所に近づく経路
- (c) 危険な地域を避けた中での避難所への最短経路

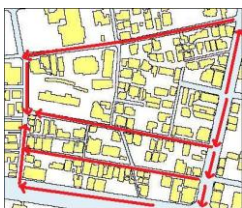


図 3.6 (a)の経路



図 3.7 (b)の経路

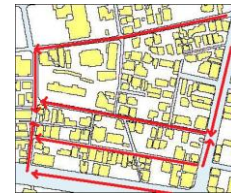


図 3.8 (c)の経路

シミュレーション結果から避難完了時間は経路(c)がわずかに短い、浸水深が高い危険な地域を避けた経路(b), (c)ともに同じ浸水状況でも避難不能者数の減少が確認できた。しかし、避難所付近は浸水深が高い地域も多く、移動確率が低下して細い道に避難者が停滞してしまい、混雑が発生した。移動する距離が増える経路(b)と混雑が予想される経路(c)とを比べると、避難完了時間も避難不能者発生危険性も差がないが、この場合、行政策定の避難誘導計画には二次被害の発生の可能性が少ない経路(b)の採用がより適切であると思われる。

## 4. シミュレーション結果のデータベース化と活用方法

ここでは、3. で得られたシミュレーション結果をデータベース化して、災害時の安全な避難誘導方法を提案する。データベースにはリレーショナルデータベース管理システム方式を用いた。本研究で構築したデータベースの一例を図 4.1 に示す。



図 4.1 シミュレーションデータベースの出力例

このデータベースは、高潮の最大潮位、対象範囲を指定してシミュレーション結果を表示して使用する。災害発生時に使用する場合は、条件指定しデータベースから即座に結果を得て、素早的確に避難指示や誘導を行うことで人的被害の軽減を図ることができる。

## 6. おわりに

本研究で開発したシミュレーションシステム及びデータベースシステムを活用すれば、地域ごとに事前に高潮災害時の適切な避難勧告発令時期が分かり、適切な避難経路を決定できる。行政が避難誘導計画策定する有効な支援ツールになる。

今後は、浸水時の排水機能の考慮、シミュレーション範囲の広域化が課題である。

## 7. 参考文献

- 1) 明田修・天野貴文・内田裕丈：「GIS を用いた洪水氾濫時避難行動解析システムの開発」『GIS — 理論と応用』, Vol. 15, No. 1, pp. 23-28, 2007.