

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

2004年に高松市は台風16号・18号の来襲時に避難勧告発令が遅れた地域や発令されなかった地域があり、多くの住民が逃げ遅れ大きな被害を受けた。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。従って、行政は災害が起こってから避難勧告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を想定して対策を立案しておく必要がある。浸水域や浸水に至るまでの時間等の情報を事前に住民に提供しておくことで、住民の適切な避難を促すことができる。

本研究では、セルオートマトン法(CA法)を用いて、高潮災害時での浸水拡散予測や避難危険性をシミュレーション可能な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法による火災延焼及び避難シミュレーションシステムの開発

本研究では、CA法を用いて避難シミュレーションのモデル化を行う。CAモデルの特徴は以下の通りである。

- ・正方形の格子状のセルで構成されている。
- ・各セルは有限種類の内部状態を持つ。
- ・時刻 $t+1$ における1つのセルの内部状態は、時刻 t におけるそのセル自体および周囲8つのセルの内部状態と適用する規則によって決定される。
- ・複雑な現象を簡単な規則により再現できる。

2.1 空間のモデル化

空間モデルは図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は浸水予測においては実時間で1.67秒、避難においては1step、実時間で0.45秒と設定する。



図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は以下のものが挙げられる。

- 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)

避難者の種類としては、通常型(大人)、追従型(子供)、高齢者、乱方、避難不能者が存在し、種類によって移動速度や行動法則に違いがある。

2.3 水の移動法則

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、避難行動が不能と設定する。それ以下の浸水深の場合は式(1)に従う[1]。

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

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

以下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2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200×169m)

キーワード：セルオートマトン、避難誘導、シミュレーション

連絡先：〒761-0396 香川県高松市林町2217-20 香川大学工学部 TEL 087-864-2000 FAX 087-864-2032

- (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

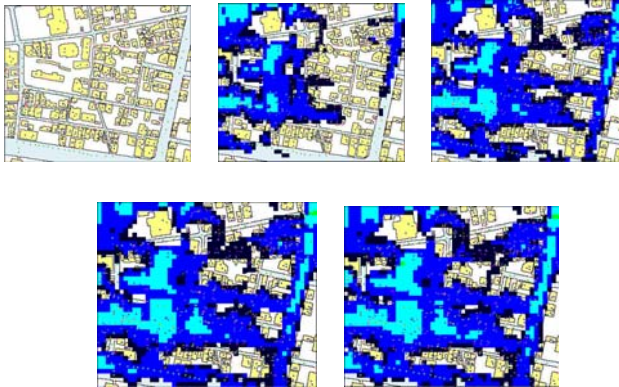


図2 条件(1)～(5)の浸水状況

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あるのが分かる。そこで、5000step 経過した時点から実時間で約 30 分にあたる 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、二番丁地区が浸水を始めてから 7160step(約 200 分)という結果が得られた。避難行動を安全に行うには、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設定する。設定した経路を異なる浸水状況における避難完了時間、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2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距離

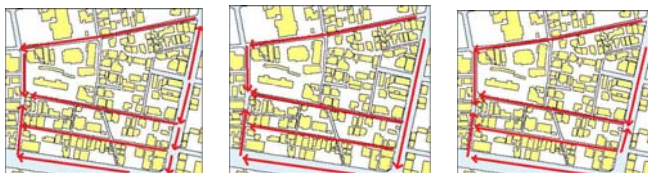


図3 (a)～(c)の経路

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の数が大きく減ったのが確認できた。しかし、避難所付近は浸水深が高い地域も多く、移動確率が下がり、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の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に示す。



図4 シミュレーションデータベースの出力例

このデータベースを利用する場合、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閲覧する。災害時にも即座に結果を閲覧して、避難指示を行い適切な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、事前に高潮災害時の地域ごとの適切な避難勧告発令時期が分かると共に、適切な避難経路を決定できる。その結果、行政の避難誘導計画策定の支援が可能になる。今後は浸水時の排水機能の反映、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(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—理論と応用』Vol. 15 (2007), No. 1, pp. 23-28