

CA を用いた高潮防災支援システムの開発

香川大学工学部 正会員 ○白木渡
株式会社キューブシステム 非会員 田村将臣

香川大学工学部 正会員 井面仁志

1. はじめに

高松市では、2004 年の台風 16 号による高潮の発生により甚大な被害を被った。被害拡大の要因の一つとしては、潮位の上昇が従来の基準で設置されていた堤防の高さを超え、想定外の潮位となったことが挙げられる。このような災害に対応する防災・減災対策には、新たな堤防の設置、堤防の嵩上げ等のハードウェアによる対策が考えられるが、ハードウェアのみで完全に対応するには、費用及び時間的側面から非常に多くの問題が発生する。それ故、ハードのみの対策ではなく、ハードとソフトの両面からの防災・減災対策の実施が重要である。そこで、本研究ではソフト面の防災・減災手段の検討のために、複雑な現象を簡単な規則で表現できるセルオートマトン(CA)を用いて高潮シミュレーションを行い、人の避難行動や土嚢設置作業を取り入れた高潮防災支援システムの開発を行う。

2. セルオートマトン

CA は局所的な相互作用を繰り返すことによって組織全体が自然に形作られていく、自己組織化現象という特徴を持つシミュレーション手法である。簡単なセル間の相互作用を系全体で繰り返すことによって、複雑な現象を再現することができ、自然界の不規則性を外部からの入力などによるモデルの変更操作を行うことなく再現できる[1]。

3. 高潮防災支援システムの概要

本システムは、CA を用い高潮の浸水状況を再現し、そのシミュレーション上に CA を用いて災害時の人の動きを再現することにより、高潮防災支援システムの開発を行った。シミュレーションのモデル化および状態変化の規則について以下に示す。

3.1 シミュレーションモデル

空間のモデル化は、格子状に区切られたセルをもつ 2 次元 CA を用いて行う。高潮を表すセルは 1 辺を 12.5m とし、水深、標高、土嚢の 3 状態で表現される。避難を表すセルは 1 辺を 2.5m と設定し、避難者、壁、障害物、移動可能空間などの状態を持つ。

なお、シミュレーション時間は、高潮の 1step が実時間の 10 秒に相当し、避難の 1step が実時間の 2 秒に相当すると設定した。従って、高潮防災支援システムにお

いては、すべてのセルの状態変化が終わる 1step を 2 秒とし、高潮の状態変化は 5step に 1 回とした。

3.2 高潮の変化、避難者の移動法則

高潮の状態は水深、標高、土嚢の 3 つの高さの合計値によって決定する。移動方向は、現在のセルと周囲 8 方向の合計値を比較し、一番低い方向へ水が移動すると設定した。この際、合計値が一番低いセルが 2 方向以上ある場合は、ランダムに 1 方向の選択を行う。ただし、現在のセルの合計値が周囲 8 方向のどのセルの合計値よりも低い場合は、水の移動は行わないものとする。この処理をセルの合計値の大きいセルから順に状態変化の処理を実行する。

避難者の移動は、各避難者が持つ視野の中に避難所等の目的物を発見した場合、目的物に向かって移動する。また、避難者の視野に障害物または壁、浸水している場所が存在した場合、それらを回避する行動をとる。視野内に何も存在しない場合は直進する。

3.3 高潮のシミュレーション結果

高松市サンポート周辺を対象とした 900step 後(2 時間半後)のシミュレーション例を図 3.1 に示す。図 3.1 と図 3.2 に示す従来の微分方程式を用いた高潮のシミュレーション結果と比較した場合、浸水域の広がり、水深ともほぼ同様な結果が得られた。このことより、CA を用い高潮を再現することが可能であると言える。

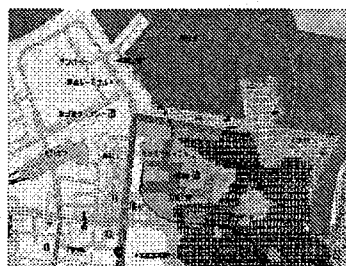


図 3.1 CA による 900step 後のシミュレーション結果

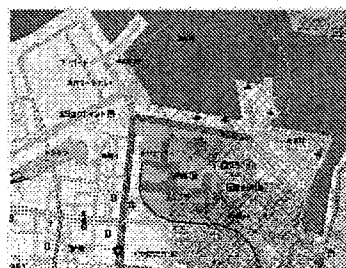


図 3.2 従来のシミュレーション結果

4. 高潮防災支援システムの活用事例

CA を用いた高潮シミュレーションに人の避難行動、護岸工事、土嚢設置等の機能を追加して、高潮防災支援システムの構築を行う。さらに構築したシステムを用いて、防災対策を行った場合と行わなかった場合を比較し、防災対策の検討を行う。

本研究では、システム活用事例として、高潮災害後新たに北浜町周辺に設置された防波堤をシミュレーション上に設置し、シミュレーションを実施することにより防波堤の設置前と設置後の高潮の変化の比較検討を行った。図 4.1 に防波堤設置後のシミュレーション結果、図 4.2 に防波堤設置前のシミュレーション結果を示す。なお、シミュレーション結果は実時間の 2 時間半に相当する 4500step 後の状態を示している。

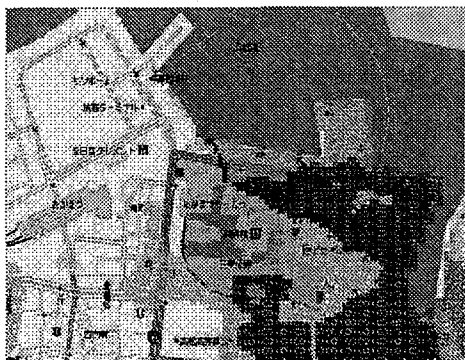


図 4.1 防波堤設置後のシミュレーション結果

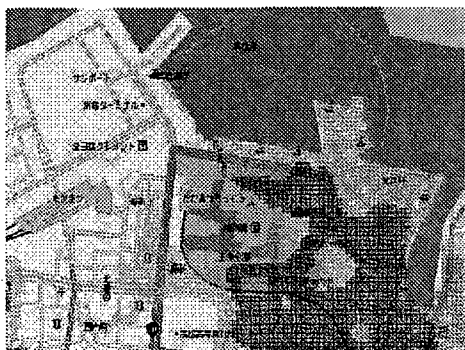


図 4.2 防波堤設置前のシミュレーション結果

図 4.1, 4.2 より、防波堤の設置により浸水量は、北浜町周辺で 20cm 程度水深が下がり、水深 40cm 以上の地域が減少していることがわかる。また、シミュレーション課程より高潮の流入方向が変化することが確認された。防波堤の設置により、浸水する時間が遅くなり、余裕を持った避難行動が可能になり、防波堤の設置の有効性が確認された。

避難者を誘導する避難指示の有無による比較事例を示す。災害発生時に避難誘導者の有効性を確認するために、シミュレーション途中において避難途中の避難者が多く存在する場所に設置を行った。避難者が 100 組いる

と設定し、図 4.3 に以下の 3 条件における避難者残存数の推移比較を示す。

- ①全く標識を設置しない場合
- ②避難者の数が半分になった時に設置する場合
- ③初期条件として②と同じ箇所に設置した場合

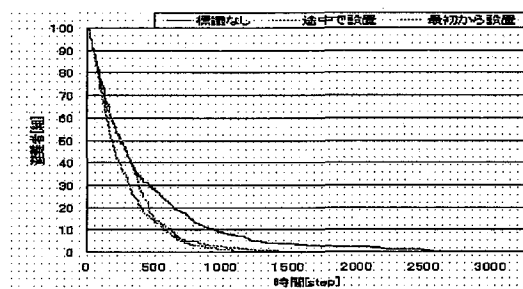


図 4.3 標識設置時間の違いによる避難者の推移

図 4.3 より、シミュレーションの途中で標識を追加した時点より、避難残存数が増加し避難完了までの時間が大幅に短縮されることがわかる。

本システムを用い高潮災害発生時における様々な条件を設定し、シミュレーションを繰り返すことにより、効果的な防災・減災対策の検討を実施することが可能である。

5. おわりに

本研究では、CA を用い高潮のシミュレーションを行い、さらに高潮シミュレーションに避難者、防波堤、土嚢の設置等の条件をシミュレーションの途中で変更可能なシステムの開発を行い、その活用事例を示した。

災害発生時にその被害を最小限に抑えるためには、平常時から住民に対し災害に関する知識・情報を提供し、災害に対する住民の意識向上が重要であり、防災訓練・教育が必要不可欠であることは言うまでもない。しかし、これまでの災害に対する情報は、行政の立場においては有効な情報であるが、住民にとってはその有効性を確認しにくい情報となっている事が多い。そこで、本システムを利用し、専門家、行政、住民等の立場の違う人々が意見交換を行い、災害に対する知識・情報を共有する事が非常に重要であると考えられる。

今後は、より精度の高い高潮防災支援システムとするために、セルサイズの検討、粗度係数の導入等、高潮の移動規則の検討および実際の防災教育・訓練への本システムの活用が課題である。

参考文献

- [1] 加藤恭義・光成友考・築山洋, セルオートマトン法 一複雑系の自己組織化と超並列処理一, 森北出版株式会社, 1998 年