

マルチエージェントモデルを用いた洪水・避難シミュレータに関する研究

国土交通省近畿地方整備局 ○山本一浩 構造計画研究所 上野幹夫
熊本大学大学院 椎葉航 熊本大学工学部 小林一郎 八代工業高等専門学校 橋本淳也

1. はじめに

これまでの防災は行政主導型で行われ、ハード面の対策を重点として行われてきた。しかし、近年、異常気象と言われるような集中豪雨や台風等による大きな災害が多発し、国民の防災に対する関心が高まってきている中、「自助・共助」と言われる言葉がよく使用されるようになってきた。このことは、災害を経験した住民の意識が行政によるハード対策のみに頼るのではなく、自分の身は自分で守るという意識に変化しているものと思われる。このような状況の中、行政も自助・共助のためのソフト対策が急務として様々な施策を提案・実施している。ひとつの例として市町村などが整備するハザードマップが挙げられる。住民はハザードマップから得られる避難場所や安全な経路といった情報を基に、自主的に避難を行う、つまりこれが「自助」となる。しかし、大規模な災害の場合には「自助」でできることには限界がある。地域住民で力を出し合う「共助」と行政が主体となる「公助」も欠かすことはできない。この「共助」と「公助」が連携することで本当の意味でのソフト対策といえよう。

このように、地域住民と行政が果たす役割を確実に実行するためには、正確で迅速な情報提供と共有が必要であり、そのためにはIT技術の活用が重要な鍵となる。また、震災や火災、水害など大規模な災害における防災の分野では、現実に実験を行うことが困難であり、シミュレーションによってこれら进行评估・検討することが重要となっている。

本研究は、筆者らが開発した自動属性判読法利用による氾濫解析結果と、マルチエージェントシミュレータの特徴を活かした避難シミュレーションを提案するものである。

2. 自動属性判読法と氾濫解析

自動属性判読法とは、航空レーザー計測データ(以下LPデータ)みで、都市部等の地盤標高データや建物情報を短時間で得る手法である。¹⁾ この手法を用い2004年7月の福井豪雨に伴う足羽川の氾濫で大きな被害を受けた足羽川左岸(福井市)を対象とし、氾濫解析モデル生成と解析による氾濫流の挙動を分析した。²⁾ 図-1)

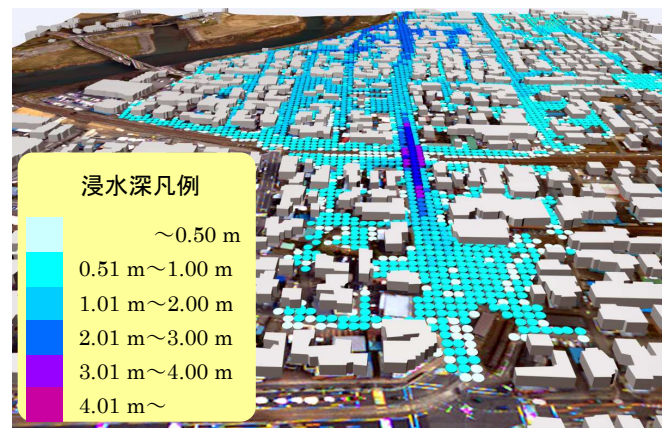


図-1 氾濫解析結果

3. 洪水・避難シミュレータの提案

3-1. 避難シミュレータについて

本研究では、前述した自動属性判読法と氾濫解析で得られた結果と、株式会社構造計画研究所で開発したVBAに準じた言語で記述されるマルチエージェントシミュレータ「KK-MAS」を用いて、住民の避難シミュレーションを開発した。特徴として、個々の要素をエージェントとしてとらえ、エージェント間の相互作用を考慮するマルチエージェントシミュレーションを行う。エージェントとは、自立的に環境に適応させていく行動主体と定義する。以下のように避難シミュレーションモデルを構築した。

3-2. 避難シミュレータモデル

- 1) 要素は、避難者、避難場所、経路分岐点の3つ。
- 2) 1つの世帯を1エージェントとして、歩行速度は V_j (m/s)とし場合に応じ任意に設定可。
- 3) 避難開始時間 t (min)、避難所認知率 α (%)を任意に設定可。
- 4) 避難過程で、水深 x (m)以上の浸水域に入ったエージェントは、被害者としてカウントする。
- 5) 全てのエージェントは、図-2に示す最寄りの一時的避難場所を目的地として進んでいく。

エージェントが図-2に示すような避難経路の分岐点に着いた際には、各避難経路に対して、以下の①～⑤のチェックを行う。

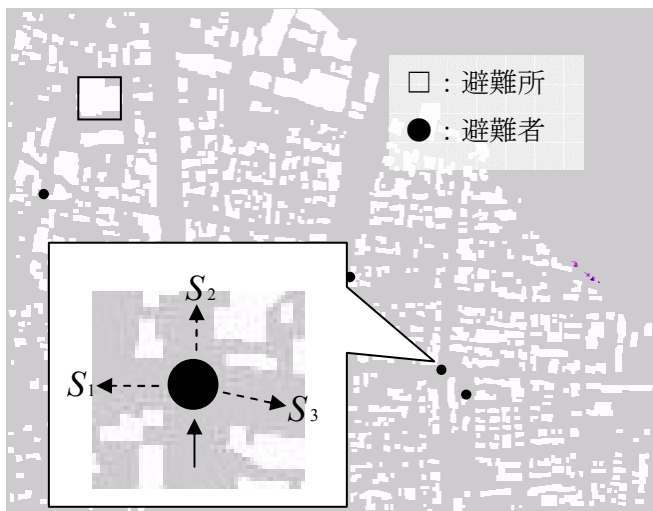
- ① 目的地に近づくか (+a)
- ② 川から遠ざかるか (+b)
- ③ 標高が高くなるか (+c)
- ④ 前方 y (m)に避難者がいるか (+d)
- ⑤ 浸水域で道を塞がれているか (+e)

条件を満たせば()内のポイントを、以下の式を用いて加算する。

$$S_i = a + b + c + d + e \quad (1)$$

$i = 2, 3 \dots (i$ の値は経路分岐点で変化)

全ての避難経路の中で総合判断を行い、(1)式 S_i の値が最も高かった避難経路を、次に進む避難経路として選択していく。



避難経路の分岐点

図-2 避難シミュレータモデルの概要

3-3. モデルデータ作成の工夫

以下の項目を工夫しモデルデータの省力化を行った。特にCADを利用してモデルデータ作成を行うことでかなりの省力化が期待できる。

- 1) エージェントの動きをベクトル化 (KKMAS)
- 2) 道路網構築と最短ルート検索の簡易化 (CAD)
- 3) 交差点標高の自動取得 (LPデータ+CAD)

3-4. 氾濫解析との重ね合わせ

本研究では、避難シミュレーションと氾濫解析結果を重ね合わせることで、以下のような効果が期待される。図-3に概要図を示す。

- ・ シミュレーション結果を視覚的に表現することで地域住民の災害に対する理解が深まり、いざというときの避難行動に結びつけることができる。
- ・ 浸水域と避難者の分布状況から、洪水発生時に発生が予想される人的被害の規模が推定できる。
- ・ 時間経過とともに結果を視覚的に確認することで、より詳細に新たな避難路の確保と避難所の設置の必要性が確認される。

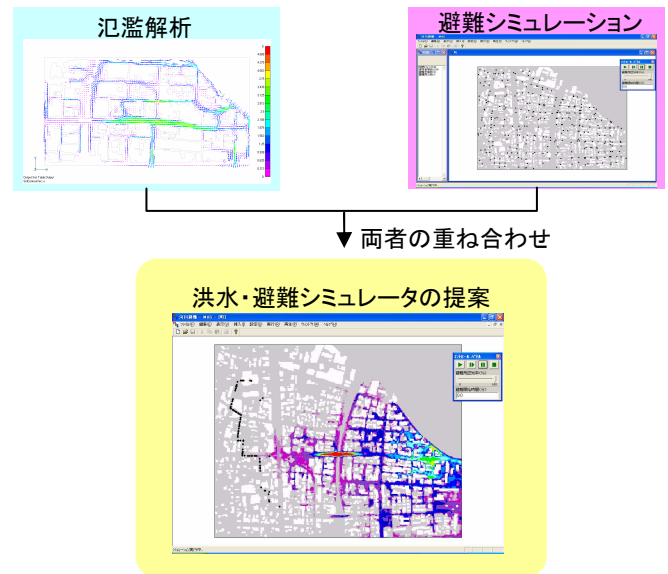


図-3 洪水・避難シミュレータの概要

4. 解析対象領域

本研究では、自動属性判読法と氾濫解析を行った同じ福井県足羽川の氾濫事例を解析対象とし、シミュレーションを行った。解析対象領域は破堤地点を含む横 1150m×縦 950mとした。

氾濫解析に用いた洪水条件は、破堤範囲 50m、洪水流量 100(m³/s)とした。解析対象時間は破堤直後から 25 分間とした。図-4に解析対象領域を示す。



図-4 解析対象領域

5. 洪水・避難シミュレーション

住宅の位置に基づき、対象地域の 388 世帯のエージェントを図-5に示す位置に割り振った。エージェントの歩行速度は 1.0(m/s)、避難開始時間を破堤直後、避難所認知率は 100(%)とし、水深 0.3(m)以上の浸水域に入ると被害者としてカウントした。また、今回のシミュレーションでは、分岐点の判断基準を、先に示したチェック項目のうち、①目的地に近づくか (+ a)、②川から遠ざかるか (+ b)、③標高が高くなるか (+ c) の 3 つとした。

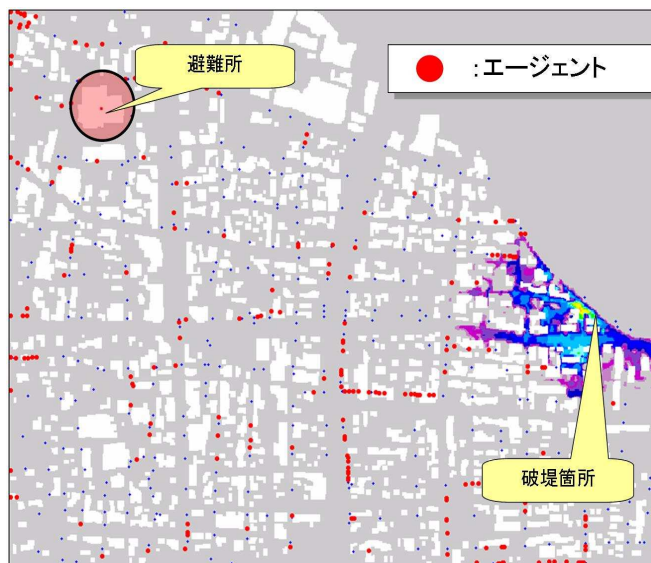


図-5 洪水・避難シミュレータの一面

6. 結果および考察

6-1. 避難シミュレーション

避難シミュレーションと氾濫解析を重ねた結果、住民は、避難開始時間が破堤の 8 分以上前に避難すれば、氾濫の被害を受ける確率が極端に現象することが分かった。また、避難場所は 1 箇所、住民はその場所も避難経路も知っているとの想定だったが、決壊箇所と避難場所の間にある鉄道下を通るアンダーパスがネックであることがわかった。実際の浸水で人的被害が少なかったのは、住民が独自の判断で避難場所には向かわず自宅の 2 階へ逃げるなどした結果だった。

今回のシミュレーションでは、追従行動や浸水による歩行速度の変化などを考慮していない。しかし、これらの点は正確な避難シミュレーションのためには極めて重要である。また、④前方 y (m) に避難者がいるか (+ d)・⑤浸水域で道を塞がれているか (+ e) という条件も重要であり、今後の課題としたい。

6-2. モデル作成省力化

前述のモデルを作成するには通常 1 ヶ月程度の期間を要するが、今回のモデルは約 2 日で作成した。実務で使用する場合、どうしても短期間・低コストでの実現が要求されるため、モデル作成の省力化も重要となる。今回、道路網は CAD を使用し、道路中心線を直接作図したが、今後は LP データから道路中心線および交差点を自動取得し、さらにモデル作成の省力化を図りたい。

【参考文献】

- 1) 山本一浩ほか：自動属性判読法によるレーザー計測データの有効活用について、平成 17 年度土木情報利用技術論文集 Vol. 14, pp. 79-86
- 2) 上野幹夫ほか：レーザー計測データを用いた有限要素法による洪水氾濫解析、平成 17 年度土木情報利用技術論文集 Vol. 14, pp. 1-6