

地域防災力向上のための防災学習支援システムの構築

熊本大学

工学部

学生員

○吉住健太

熊本大学

政策創造研究教育センター

正 員

柿本竜治

熊本大学

大学院自然科学研究科

正 員

山田文彦

1. はじめに

近年の災害対策は「防災」から「減災」へシフトしてきている。減災とは、災害時において発生し得る被害を最小限に抑える取り組みであり、その基本となるのが災害発生時の早期避難である。しかしながら、防災認識の違いによる避難の遅れや、災害時の高齢者自力避難の困難などが現状の問題としてあげられるため、災害による被害者減少の為には、自助・共助を高めるための防災教育が必要と考える。

本研究では、地域単位での防災力を向上させるため、洪水災害を想定した防災学習支援システムの構築を目的とする。防災学習支援システムは河川氾濫シミュレータと避難シミュレータとして構成されており、共に氾濫状況や避難状態を視覚的に示すことが出来る。

2. 防災学習のシナリオ

対象地域を熊本市壺川地区とし、災害発生までのシナリオを過去に壺川地区で起きた大雨の事例¹⁾を基に作成した。シナリオを表-1に示し、氾濫に至るまでの水位変化と累積雨量の関係を図-1に示す。壺川地区での大雨と上流域から流れ込みによる内水氾濫を想定し、午前7:00ごろ氾濫、それと同時に壺川地区の避難を開始する。

シナリオの中で重要となるのが河川水位である。設定された危険水位²⁾に達するまでの水位変化から、浸水被害の違いを比較する。想定シナリオ発生する氾濫から浸水域の広がりの変化を以下に示す3パターンで氾濫シミュレーションし、検討を行う。

①

氾濫後も雨は降り続け、河川水位の変化は一定に保たれた状態。

②

氾濫後も雨は降り続け、雨量の増加と共に河川水位が変化する状態。

③

氾濫後の雨量減少のため、河川水位が急激に下がる状態。

表-1 災害発生から避難までのシナリオ

時間	想定シナリオ
午前 4:00	熊本市から阿蘇に向かって舌状に伸びた雨雲によって雨が連日続いている。50mm 前後の雨が断続的に続いたため、坪井川の水位は上昇。早朝の雨量増加によって、坪井川の水位は警戒水位に近づく。予報では今後も雨は降り続くとする。
午前 5:00	坪井川の流れは速く、上流部からの泥水によって川は濁っている。警戒水位を超えたことで、橋や遊水地では水が溢れ始める。排水機能を失っているため、今後の氾濫の危険性が高まる。
午前 7:00	坪井川は危険水位を超え、橋付近での内水氾濫を始める。
午前 7:30	坪井川は危険水位を一定に保ちつつ氾濫域を拡げて、河川付近の道路や住宅で 50cm～1m の浸水被害が起こる。
午前 8:00	河川氾濫は続き、壺川地区の各所で浸水被害が相次ぐ。

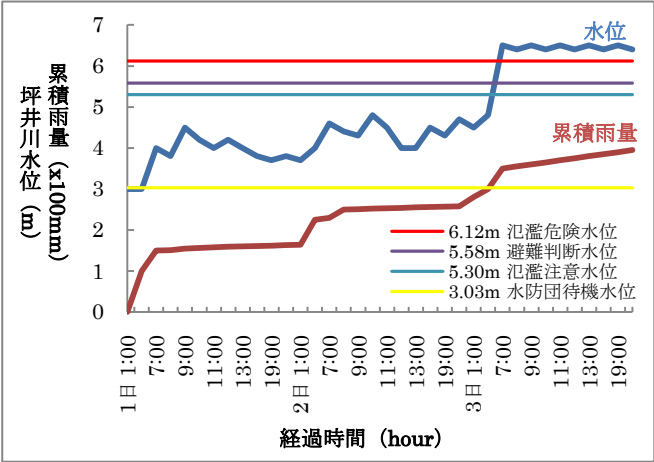


図-1 坪井川の水位と累積雨量の変化

3. 河川氾濫シミュレータ

氾濫解析は、レーダー測量データ(LP データ)を元にして、洪水発生条件を指定して、氾濫解析を計算する。洪水氾濫の現象は、2次元の長波方程式を用いて計算した。計算式は以下に示す。

X 方向運動方程式

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial (uM)}{\partial x} + \frac{\partial (vM)}{\partial y} + gh \frac{\partial (h+z)}{\partial x} = -g \frac{n^2 M \sqrt{M^2 + N^2}}{h^{7/3}} \tag{1}$$

Y 方向運動方程式

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial (uN)}{\partial x} + \frac{\partial (vN)}{\partial y} + gh \frac{\partial (h+z)}{\partial y} = -g \frac{n^2 N \sqrt{M^2 + N^2}}{h^{7/3}} \tag{2}$$

$$\text{連続方程式} \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

ここで, M : X 方向流量(m^2/s) N : Y 方向流量(m^2/s)

u : X 方向速度(m/s) v : Y 方向速度(m/s)

h : 水深(m) z : 標高(m)

n : 粘性係数 g : 重力加速度

上式を差分法で離散化し, 洪水氾濫解析を計算する.

前章で提示した 3 つの条件の氾濫パターンを図-2 の 4 箇所それぞれ解析を行う. 氾濫箇所を複数設けた理由は, 浸水域に違いをつけ, 避難経路や避難所の設置位置の検討を行うためである. 解析結果の一部を図-3 に示す.

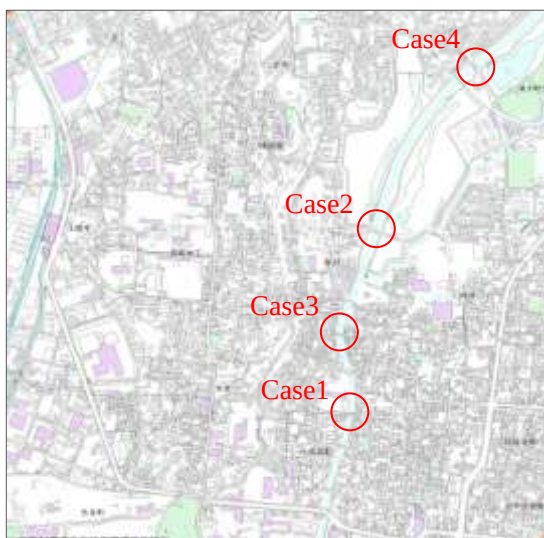


図-2 河川氾濫の位置(熊本市壺川地区)

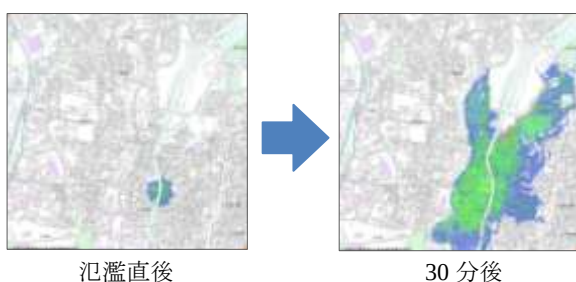


図-3 河川氾濫の状況 (Case1)

4. 避難シミュレータ

避難行動シミュレーションはマルチエージェントシミュレーションを用いる. 避難者である「住民」と道路網の結節点「ノード」をエージェントと定義し, 移動速度などの情報を与え, 避難経路選択のルールを設定する.

避難者エージェントは人口分布データに従って,

初期位置として道路ノードに一様に分布する. 避難者は各ノードに達した時点で次に移動するノードを決める. 避難所までの距離や河川からの距離に関する重みを自由に変更ができ, 避難者が被災する条件は, 移動中の道路ノードの単位幅比力が閾値以上の場合とし, 流速 u , 水深 h , 重力加速度 g としたとき, 被災条件式は以下とする.

$$\frac{u^2 h}{g} + \frac{h^2}{2} > 0.125 \text{m}^2 \quad (4)$$

避難行動のシミュレーションを行った結果が図-4 である. 氾濫開始と同時に定められた避難所に向かって避難者が移動の様子をアニメーションで見ることができ, 水色の点は被災者を表わしている.

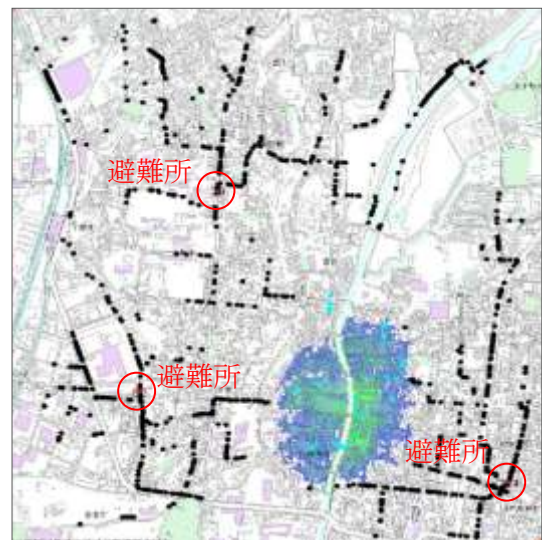


図-4 シミュレータによる避難の様子 (Case1)

5. おわりに

本研究では, シミュレータによる災害情報の視覚化によって, 事前の避難計画策定に役立てることができる. さらに想定したシナリオと組み合わせることで, 氾濫条件に現実性ができると考えられる. 高齢者のために地形や移動距離も考慮する必要があるため, 今後, 地域住民の方々に学習内容を評価していただき, 地元の声を反映させることを今後の課題とし研究を進めていきたい.

<参考文献>

- 1) 柿本竜治: 坪井川とともにくらす, pp147-150, 2007.
- 2) 熊本県総合型防災情報システム 坪井観測局
<http://www.bousai.pref.kumamoto.jp/Dsp/GmnDsp.exe?M43A1S506>