

河川氾濫解析を適用した避難シミュレーションの開発

愛媛大学大学院 学生会員 ○木原拓海 四国地方整備局 非会員 越智晴香
 愛媛大学社会連携推進機構 正会員 三谷卓摩 愛媛大学大学院 正会員 藤森祥文
 愛媛大学大学院 正会員 森脇亮

1. はじめに

近年、豪雨による災害が多発している。これらの豪雨災害に対する避難行動の現状として、平成 30 年 7 月豪雨における避難に関するアンケート調査によると、「避難勧告等を発令しても、避難しなければならないという意識がない、避難行動に結びつかなかった」と回答した団体が広島、岡山、愛媛県の各市町村の 67 団体中 31 団体あった。このアンケート結果から、避難行動の課題として、事前に災害リスクを把握しておらず、被害を軽減するための行動が考えられていないことが分かる。事前に災害リスクを把握するためには、一般的にハザードマップが用いられるが、従来のハザードマップでは避難時の被災リスクを認識することが難しい。そこで、複数の浸水状況のもとで避難行動シミュレーションを住民へ提示することが、避難時の被災リスクの認識を高める一助となることが考えられる。また、従来の避難シミュレーションでは、建物の垂直方向の情報が組み込まれておらず、垂直避難行動の有効性が評価されていない。本研究では、垂直避難を組み込んだ避難計画用のシミュレーションを作成し、効果的な避難のあり方を検討した。

2. 研究方法

2.1 氾濫解析

本研究では重信川の氾濫による被害が大きいと想定される松山市垣生地区（図 1）を対象に河川氾濫解析を行い、その動的な浸水状況の変化を考慮に入れた避難シミュレーションを行った。氾濫解析は破堤点が重信川右岸の河口からの距離 0.8 km, 1.2 km, 1.5 km, 2.0 km, 2.3 km, 2.6 km の 6 ケースで行った。氾濫解析には iRIC(International River Interface Cooperative)の Nays2DFlood を用いた。



図 1 対象領域，破堤点(×)

2.2 避難シミュレーションの構築

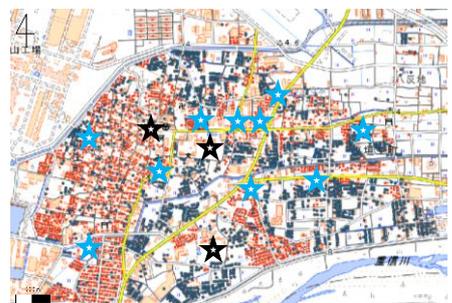
避難シミュレーションはダイクストラ法を用いる。ダイクストラ法は、ある始点から各ノードにおけるコストを更新していき、終点に到達したときにその最小コストを実現する経路を選択するアルゴリズムである。個々のエージェントはダイクストラ法により計算された経路を通して避難先を目指す。避難経路となる道路データには、デジタル道路地図の全道路データと地理院地図に表示されている細街路を入力した。道路の各ノード間の距離をコストとした。避難先は垣生小学校、垣生中学校、垣生公民館の洪水時に使用できる指定避難所の 3 地点を設定した(図 2)。全エージェントは垣生地区内の一般家屋、ビル、マンションに 1 人ずつ配置し、3348 人が一斉に 1.2 m s^{-1} の歩行速度で避難するとし、これを基本ケースとした。基本ケースに氾濫を考慮する場合は、浸水深に応じて歩行速度を遅くし、浸水の状況に応じて避難経路の迂回も行う。

2.3 避難シミュレーションへの垂直避難，自主避難先追加

建物の階数情報をモデルに導入し垂直避難を考慮した解析を実施する。垂直避難は、まつやま洪水ハザードマップの想定浸水深を参考に、上階

表 1 解析条件

解析期間	2019/9/17 12:00 - 9/18 12:00
流入流量	出合水位観測所観測流量
下流端水位	実績潮位
粗度係数	既往研究 ¹⁾ を参考
破堤開始時間	2019/9/17 20:00



● 水平避難 ● 垂直避難
 ★ 指定避難所 ★ 自主避難所

図 2 エージェント初期位置

への避難が可能な建物を初期位置とするエージェントに対して適用する。この条件において垂直避難するエージェントは3348人中1598人であった。また、被災リスクのさらなる減少を図るため、自主避難先の追加を行った。自主避難所の条件は浸水が2階以下と想定されているエリアにあり、かつ外階段がある3階建て以上の建物とし自主避難所の10箇所と指定避難所の3箇所を含めた13箇所をエージェントのゴールとした。これにより垂直避難と自主避難先の設定が洪水時の避難行動として有効であるか検証した。

3. 避難シミュレーション結果と考察

3.1 避難方法による結果

右岸1.2 km地点が破堤する場合の結果を述べる。図3はそのときの氾濫解析の最大浸水深である。表2に各解析ケースにおける避難完了時間と避難未完了数を示す。垂直避難なしの場合、避難未完了数は275人なのに対し、垂直避難ありでは避難未完了数は139人に減少することが確認できた。よって、垂直避難は被災リスクを軽減し、避難行動として有効であることがわかる。さらに自主避難所の追加した場合は、避難未完了数は17人まで減少した。図4に全エージェントの避難完了率の時間変化を示す。自主避難所の設定によって716秒で99%の避難完了が確認され、避難完了時間が自主避難先の追加前に比べ448秒短縮された。このことから自主避難所の設定が洪水時の被災リスク軽減に有効であることが示された。

3.2 破堤点の違いによる結果

最後に垂直避難、自主避難所の設定をした際の異なる破堤点における災害リスクの確認を行う。破堤点の違いによる避難未完了数を表3に示す。右岸0.8 kmと2.6 kmの破堤点において避難が完了しなかったエージェントが0人であったのに対し、その他の4破堤点のケースでは17人～160人が避難未完了となることが確認できた。避難未完了となるエージェントの多くは、垂直避難も水平避難も不可能であったことが確認できた。またその傾向は河川近傍で多く発生していることも要因である。これらのエージェントは水平避難行動開始直後に破堤箇所付近において避難経路が浸水被災することが確認できた。

4. まとめ

動的に変化する浸水状況、歩行速度を考慮した水平避難と、垂直避難を組み込んだ避難シミュレーションの構築を行った。作成したシミュレーション結果より、洪水時の避難行動に対して垂直避難、自主避難所の設定が被災リスクを軽減する手段として有効であることがわかった。また、網羅的な破堤を想定した避難シミュレーションは地域住民にとって視覚的に避難をとらえることができるツールとなり得るため、今後避難計画を策定する際に活用することができると考える。

参考文献

- 1) 河端知佳, 門田章宏, 重松和恵:急流河川水衝部護岸のための水制の効果に関する研究
土木学会論文集, Vol.68, pp829-834, 2012

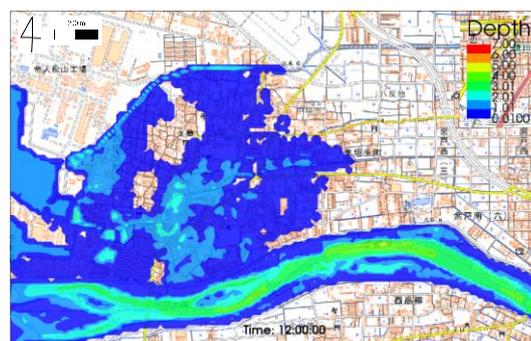


図3 氾濫解析の結果(1.2 km 地点破堤)

表2 避難完了時間と避難未完了数

	避難完了時間 (秒)	避難未完了 エージェント(人)
垂直避難なし	1164	275
垂直避難あり	1164	139
垂直避難+ 避難先の追加	716	17

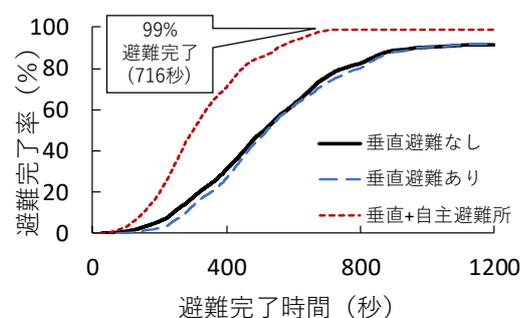


図4 避難完了率の推移

表3 破堤地点別の避難未完了数

破堤点/避難未完了エージェント数			
0.8 km	0人	2.0 km	44人
1.2 km	17人	2.3 km	51人
1.5 km	160人	2.6 km	0人