

破堤現象の不確定性を考慮可能な洪水氾濫リスク評価の試み

防衛大学校 正会員 ○多田 毅
防衛大学校 学生会員 谷口 聡洋

1. はじめに

洪水氾濫のリスクを定量的に評価する試みは、すでに多くなされている。たとえば一般的なハザードマップでは、特定のシナリオに基づき複数の破堤地点を想定した氾濫計算を実行し、それぞれの浸水域の包絡線である浸水想定区域図を元に、想定される被災の程度(広義でのリスク)が提示される。また、これらの結果を元に人的・経済的な被害が推定され¹⁾、それが洪水氾濫リスクの評価と呼ばれることもある。しかし、本来リスクとは、高頻度で小被害のケースなども含めて確率的に評価すべきであり、近年、次式のような災害リスクの評価法が提案され、すでに実施されている²⁾。

$$\text{災害リスク} = \frac{\text{外力指数} \times \text{被害影響指数}}{\text{防災力指数}} \times \text{被災確率}$$

しかし、この考え方に基づいた具体的なリスク評価の多くは、水文学的に定量化が可能な降雨や出水の年超過確率を確率変数とするリスクカーブに基づくものであり、それ以外の定量化が難しい量、たとえば破堤位置や破堤規模の不確定性を明示的に取り扱う研究は極めて限られている³⁾。そこで本研究では、それらを明示的に取り入れた氾濫リスクの評価を試みる。

2. 対象領域および対象洪水

九州最大の一級河川のひとつである矢部川の、河口部より5km地点から15km地点までを対象領域とした(図-1)。同区間では2012年7月に生じた九州北部豪雨において、堤防の破堤を含む大規模な洪水氾濫が発生した。本研究では、同豪雨時の最大流量3,900m³/sを計画高水流量の3,500m³/sに引き下げた流量時系列を作成して計算に使用した。このデータを用い、破堤しない限りは氾濫の生じない出水において、破堤箇所および破堤規模が洪水氾濫に与える影響を検討した。

3. 氾濫計算

氾濫計算には、北海道河川情報センターおよびUSGSを主体に開発されているシミュレーションソフトiRIC(International River Interface Cooperative)を使用した。同ソフトは複数のソルバーを持つが、本研究では、USGSのSToRMを使用した。SToRMは、非構造格子上で有限体積法により浅水方程式を解くものである。本研究では、河道内の流れと氾濫流とを一体に解いた。格子サイズは、河道および用水路周辺では約25m、それ以外の領域は約50mとした。標高データには国土地理院の数値地図5mメッシュデータを用いた。河道内の標高は横断および縦断測量データに基づき修正を加えた。格子サイズは約20~50mだが、格子の分割線を適切に配置することで、堤防、道路、水路などの流れに影響を与える地形形状を5mメッシュに相当する精度で再現している(図-2)。



図-1 対象領域

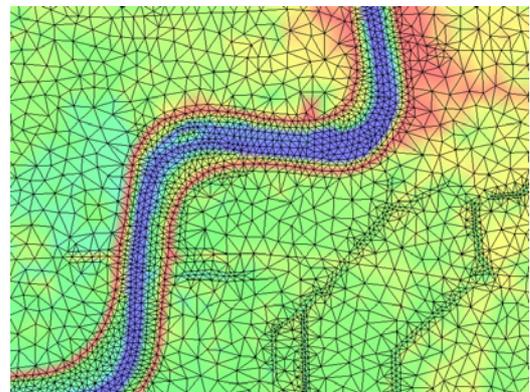


図-2 計算格子の例

キーワード 洪水氾濫, リスク評価, 破堤確率

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL046-841-3810 内線3503

4. 破堤現象の不確定性を考慮したリスク評価の試み

本研究では、破堤位置および破堤規模がいずれも確率的な変数であるとして、モンテカルロ法に準ずる手法を用いる。すなわち、破堤地点として右岸 9 地点、左岸 14 地点の計 23 地点を想定し、各地点での破堤規模を小規模から最大規模まで 4 段階想定し、計 96 ケースの「どこか一地点で何らかの破堤が発生した」場合の氾濫計算を行い、それぞれのケースについて最大浸水深分布を算定した。

ある一箇所の破堤地点に着目すると、4 種の異なる破堤規模の計算結果が存在する。このとき、発生した破堤の規模が i である確率を PA_i (ただし $\sum PA_i=1$)、そのときの氾濫面積を A_i とすると、その破堤地点での期待氾濫面積 \tilde{A} が次式で計算できる。

$$\tilde{A} = \sum_{i=1}^4 PA_i A_i$$

期待氾濫面積と河口からの距離の関係を図-3 に示す。右岸は下流側の、左岸は上流側のリスクが高いことがわかる。

また、任意のメッシュ \mathbf{x} 上において、次式で定義される期待浸水深 \tilde{h} が計算できる。

$$\tilde{h}(\mathbf{x}) = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^4 PA_i PB_j h_{ij}(\mathbf{x})$$

ここで、 $h_{ij}(\mathbf{x})$ は地点 j で規模 i の破堤が発生した場合のメッシュ \mathbf{x} の浸水深、 PB_j は地点 j で破堤が発生する確率に区間長の重み付けを加えたもの ($\sum PB_j=1$)、 N は右岸または左岸の破堤地点数である。全ケースの最大浸水深の分布を図-4 に、期待浸水深の分布を図-5 に示す。最大浸水深が深いエリアが必ずしもリスクが最大でないこと、河道に近い場所ほどリスクが高いことなどがわかる。ただし、期待浸水深の数値自体に物理的意味は無く、相対的なリスクの大小を表すに過ぎないことに留意する必要がある。もちろん、氾濫面積や浸水深だけでなく、人的・経済的被害に関する同様の評価も可能である。

5. おわりに

本報告では、 PA および PB は全て等確率としたが、文献 3) のように過去の被災事例や実験などから具体的な確率を与えることで、より現実的なリスク評価が可能となる。さらに、出水の規模も確率変数として導入可能である。防災計画などのソフト対策には浸水想定区域図(最大浸水深)を、堤防整備や都市計画などのハード対策の策定や住民との合意形成などには確率や頻度も考慮したリスクマップを併用するといった利用が期待される。

参考文献

- 1) 国土交通省, 治水経済調査マニュアルなど
- 2) 国土交通省, 水災害リスク評価手法検討 WG 資料など
- 3) 森寛典ほか, 堤防の破堤確率を考慮した洪水被害額の算定方法に関する基礎的考察, 河川技術論文集, 第 13 巻, 2007.

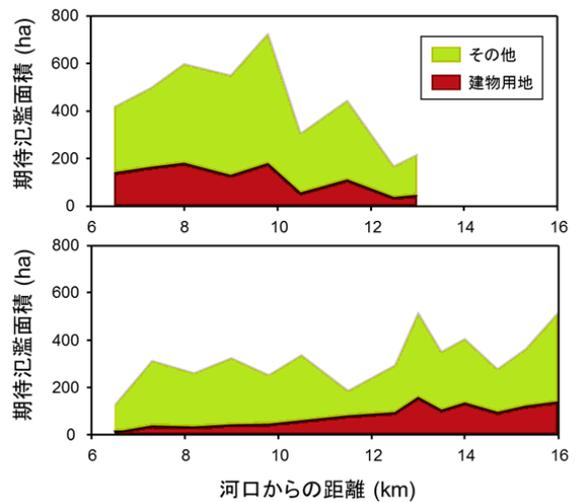


図-3 破堤地点ごとの期待氾濫面積

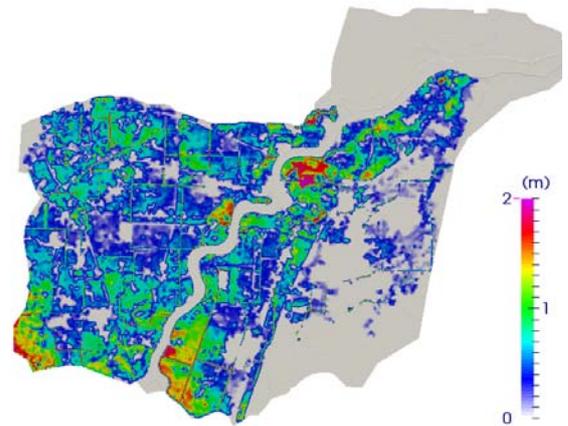


図-4 最大浸水深の分布

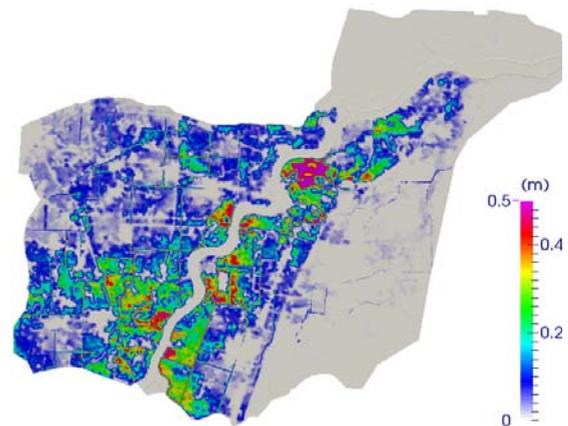


図-5 期待浸水深の分布