

破堤の不確定性を考慮した氾濫リスク評価の鬼怒川流域への適用

防衛大学校 学生会員 ○榊 将志
防衛大学校 正会員 多田 毅

1. はじめに

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が提示される。しかし、一般向けの1枚の図面にまとめる際に多くの情報が切り捨てられ、詳細な情報を読み取ることができないことから、国土交通省は任意の破堤地点での氾濫シミュレーションの結果をweb上で閲覧できるシステムを公開している¹⁾。しかし、破堤地点毎の閲覧であることから一覽性に欠け、地域全体のリスクを総合的に判断することは難しい。

そこで筆者らは、複数のシナリオに基づく多数のシミュレーション結果を統合することで、破堤位置および破堤規模の不確定性を考慮可能な、一覽性の高い氾濫リスクの評価法を提案した²⁾。本研究では、その手法を平成27年9月の関東・東北豪雨で被災した鬼怒川流域に適用し、同地域の氾濫リスクの評価を試みる。

2. 対象領域および対象洪水

鬼怒川の利根川との合流部より5km地点から32km地点までを対象領域とした(図-1)。同区間では平成27年9月に生じた関東・東北豪雨において、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、同豪雨時の流量時系列を参考に、ピーク発生後に4,000m³/sとなった時点で堤防が決壊し、そこから12時間かけて1,500m³/sまで減少するシナリオを想定し、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10mにダウンスケールして用いた。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10mメッシュに相当する精度で再現している。

4. 破堤現象の不確定性を考慮したリスク評価

本研究では、国土交通省のシミュレーション¹⁾に準じた右岸・左岸合計49の破堤地点を想定した(図-1)。さらに、各地点ごとに4種の規模の破堤シナリオを想定し、49地点×4規模の全196シナリオの氾濫計算を実施した。196シナリオそれぞれに、区間長に基づく重みと、破堤地点ごとの相対破堤確率(本研究では全ての地点で等しいと仮定)と破堤規模ごとの相対発生確率(全ての規模で等しいと仮定)に基づく重みを与えておく。

領域内の任意の位置(格子点)において、そこが浸水したシナリオの重みの合計を全シナリオ数で除すと、それがそこでの浸水確率となる。全ての格子点で浸水確率を計算することで、浸水確率の空間分布が得られる。また、任意の破堤地点において、ある破堤規模のシナリオでの氾濫面積にその相対発生確率を乗じ、全規模の和をとることで、その破堤地点の期待浸水面積が算定される。全ての破堤地点での期待氾濫面積を算定することで、破堤した場合の平均的な被害の大きさを比較検討することが可能となる。このようにして得られた浸水確率分布と、最大浸水深分布(従来のハザードマップに相当)を組み合わせることで、ハザードの大きさと発生確率の両方を考慮したリスク評価が可能となる。

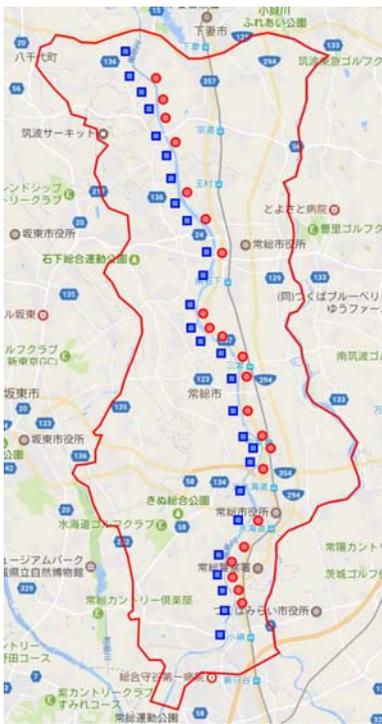


図-1 対象領域と想定破堤箇所

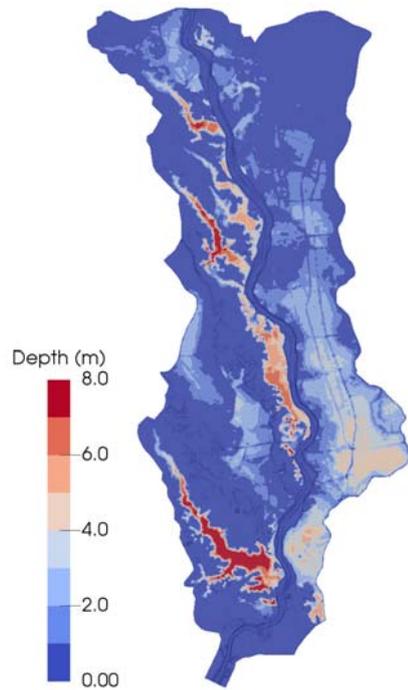


図-2 最大浸水深分布

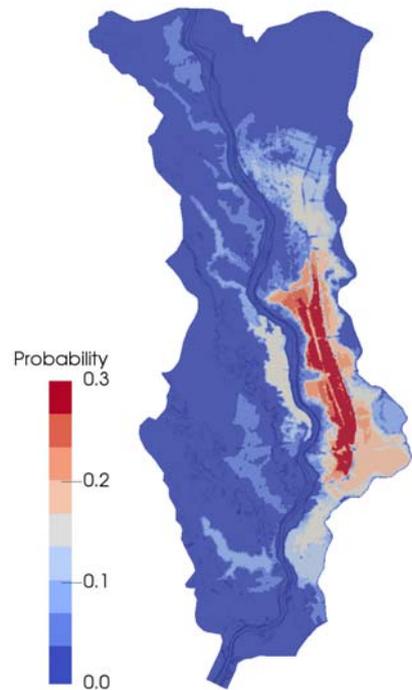


図-3 浸水確率分布

5. 結果と考察

全シナリオの最大浸水深分布を図-2に示す。この図は既存のハザードマップと良い一致を示し、右岸にリスクの高い場所が存在することがわかる。次に浸水確率分布を図-3に示す。最大浸水深分布とは逆に、左岸側にリスクの高い場所が存在する。特に、常総市役所周辺の浸水確率0.3を超える場所は、破堤箇所を左岸に限定すれば浸水確率が2/3となる。さらに平成27年のように左岸の2地点で破堤・溢水が発生すると仮定すれば浸水しない確率が $(1/3)^2 = 1/9$ となり、これは十中八九浸水することを意味する。実際、平成27年の浸水範囲は、浸水確率 $P > 0.1$ の範囲と高い一致を示す。

次に、破堤位置ごとの最大浸水面積と期待浸水面積を図-4に示す。平成27年に決壊した左岸21km付近は非常にリスクが高い地点であったことがわかる。

6. まとめ

本研究では、破堤の不確実性を考慮したリスク評価の手法を鬼怒川流域に適用し、氾濫リスクの空間分布に大きな偏りがあること、平成27の豪雨による氾濫域が氾濫リスクの高いエリアと一致していることなどを示した。今後は、浸水深、浸水面積、浸水確率などの情報から経済的リスクの評価を実施する予定である。

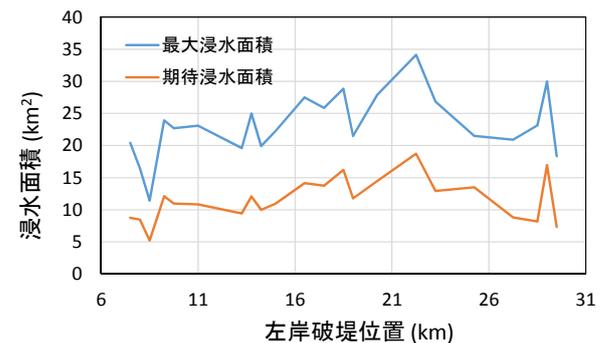
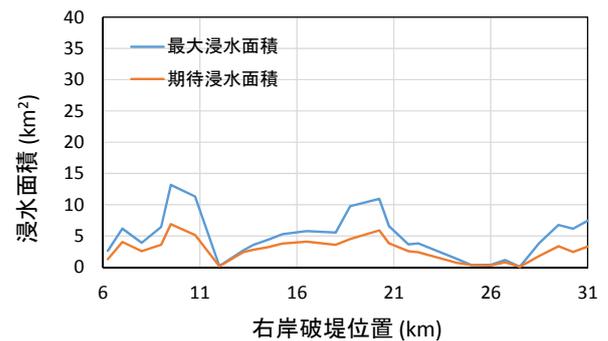


図-4 破堤位置ごとの浸水面積

参考文献

- 1) 国土交通省: 鬼怒川・小貝川氾濫シミュレーション, <http://www.ktr.mlit.go.jp/shimodate/shimodate00241.html> (2017年1月12日閲覧)
- 2) 多田毅: 浸水確率の空間分布を考慮した浸水リスクマップの提案, 土木学会論文集 B1, Vol.72, No.4, I_1339-I_1344, 2016.