

統合型水害シミュレータを用いた既往水害の分析と将来の水害予測に向けた適用 Application of Flood Events Using Integrated Flood simulator for future flood risk analysis

○平子 遼・多々納 裕一
○Ryo HIRAKO, Hirokazu TATANO

In order to achieve River Basin Disaster Resilience and Sustainability by All, consensus building based on information on the damage by residents is required. In order to prepare this information, it is necessary to comprehensively evaluate the effects of various disasters that can affect each resident. However, in verifying past flood damage and the past inundation assumption area map, flood damage is predicted by analyzing rivers under each river administrator's jurisdiction. In this study, we consider a method to obtain the probability of simultaneous rainfall occurrence for application to future flood damage prediction when an integrated flood simulator is used. By obtaining the probability of simultaneous rainfall occurrence, it is suggested that rainfall scenarios that affect various rivers, large and small, can be integrated as external forces.

1. はじめに

気候変動の影響により、短期集中豪雨の増加などの変化から水害被害の様相が変化している。

これらの背景から、国土交通省では令和3年3月に流域のあらゆる関係者が一体に取り組む“流域治水プロジェクト”の加速を発表¹⁾している。これにより、河川・下水道管理者といった排水事業による治水だけではなく、建築規制などの開発事業など、様々なハード・ソフト対策との連携により流域内の総合的な治水効果の向上が期待できる。しかし、流域のあらゆる関係者が関わる流域治水プロジェクトに対して、対策を検討するためのリスク情報が不足しているという点が指摘できる。浸水想定区域図などで想定される外力の再現期間が等しい場合でも、それぞれの河川に適用される外力は等しいとは限らないため、再現期間中に物件所在地(以下、地先)に迫る可能性のある水害リスクを表しているとは言えない。本研究では、既往の水害分析では評価が不十分であった流域内の多様な治水施設の影響を地先に影響を及ぼす氾濫現象を統合的に評価するために、統合型水害シミュレータを用いての水害予測手法に向けた適用のための頻度解析手法について考察する。

2. 既往手法の課題

水害シミュレーションを用いた災害リスク情報として広く用いられている情報としては、ハザードマップなどにも活用されている浸水想定区域図

があげられる。中でも洪水浸水想定区域図は洪水予報河川及び水位周知河川が想定し得る最大規模の降雨により当該河川が氾濫した場合に浸水が想定される区域を示すもの²⁾である。対象河川間では想定される外力が異なることや、各河川を独立で評価した内容を包絡的に表示していることが指摘できる。これは、様々な治水施設の影響を受ける地先のリスクを評価するための、統合的評価手法に用いることはできないことが指摘できる。

氾濫シミュレーションを統合的に用いた事例としては、佐山らのRRIモデルを用いた事例³⁾や、瀧ら・滋賀県で用いられている地先の安全度マップの事例⁴⁾があげられる。しかし、これらの手法については、氾濫現象の統合的評価は可能になっているが、外力の設定は被害規模が大きい大河川での被害が強調される降雨が設定される。そのため、中小河川や下水道などの短期集中型降雨の影響を統合的に評価するための手法は確立されていないことが指摘できる。

3. 本研究の手法

本研究では、地先の水害リスクを評価するために、統合型氾濫シミュレータを用いた際の様々な特徴の降雨外力を考慮に入れた評価手法の確立を目指す。具体的には、様々な特徴を有する大アンサンブル気候シナリオd4PDFのデータの中から、長期継続降雨シナリオと短期集中降雨シナリオの同時生起確率を求め、期待被害額を求める手法を

確立することを目的とする。

リスクを計算する上で設定される外力は、それぞれの治水施設を設計する際に想定された外力を上回る超過外力を用いる。超過外力は既往の降雨外力の観測データの中でも非常に低頻度で発生しているものや未だに発生していないものを考慮に入れる必要があり、超過外力の想定のためには極値統計の手法が用いられる。極値統計では、十分に大きな閾値を超過するデータに適合する分布を推定することが可能であり、一般化パレート (Generalized Pareto: GP) 分布と呼ばれる。一般化パレート分布での極値統計は一変量での解析が主であるが、近年 H. Rootzen ら⁵⁾によって多変量の GP 分布解析の手法が示され、北野ら⁶⁾はこれを用いた降水量の同時生起頻度の推定法を示している。本稿では、2 変量の同時生起確率を求める手法から、流域内被害の期待値を求める手法をまとめる。

d4PDF より、時間降雨量データの集合 A および日降雨量データの集合 B を抽出する。1 変数の時、任意の降雨量 y_A を超える生起率 λ_A は

$$\lambda_{n,A}(y_A) = \left(1 + \xi_A \frac{y_A - \mu_{n,A}}{\sigma_{n,A}}\right)^{-1/\xi_A} \quad (\xi_A \neq 0)$$

$$= \exp\left(-\frac{y_A - \mu_{n,A}}{\sigma_{n,A}}\right) \quad (\xi_A = 0)$$

となり、 y_B も同様となる。2 変量 y_A と y_B のいずれかが超えて生起する確率 λ_* は

$$\lambda_{n,*}(y_A, y_B) = \left\{ \lambda_{n,A}^{1/\alpha}(y_A) + \lambda_{n,B}^{1/\alpha}(y_B) \right\}^\alpha$$

となり、同時生起確率 λ_{AB} は

$$\lambda_{n,AB}(y_A, y_B) = \left\{ \lambda_{n,A}^{-\beta}(y_A) + \lambda_{n,B}^{-\beta}(y_B) \right\}^{-1/\beta}$$

から求められる。これらの定数 α, β は二つの分布の相互乗り入れを定義するものであり、下記の比例関係が認められる。

$$\alpha \approx \frac{\log(2 - 2^{-1/\beta})}{\log 2}$$

上記の生起確率や定数を整理すると、閾値 (u_A, u_B) の超過確率分布 F_u は、次の式のようになる。

$$F_u = \frac{\lambda_*(y_A \wedge u_A, y_B \wedge u_B) - \lambda_*(y_A, y_B)}{\lambda_*(u_A, u_B)}$$

超過確率が求められた各降雨シナリオを用いて、氾濫シミュレーションを実施する。超過確率と各地先の浸水深の関係から、下記のようなリスクカーブを描くことができる。このとき、 i は被害の大きい順に昇順に並べている。

$$E(\text{Loss}) = \sum_i \text{Loss}(U^i) \cdot \{F_{(U^i)} - F_{(U^{i-1})}\}$$

4. まとめ

上記の手法により、地先に与えるリスクを及ぼす大小様々な河川の影響を統合的に評価する手法を提示した。上記手法により、長期・短期の2変量の外力から、浸水深と超過確率を1変量の関係で示すことができる。上記手法を用いることで、各地先のリスクカーブを作成することが可能となる。リスクカーブを基にした評価により、治水施設整備や土地利用規制などの治水事業の効果がリスクカーブを基に評価することができる。

これらの成果より、流域内の多様な治水の取り組みの現状を統合的に評価することができ、それぞれの取り組みが流域に及ぼす影響も統合的に比較や評価することが可能となり、流域治水の実現に向けた合意形成資料への応用が期待できる。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理国土保全局：流域治水プロジェクト https://www.mlit.go.jp/river/kasen/ryuiki_pro/index.html
- 2) 国土交通省：洪水浸水想定区域図・洪水ハザードマップ, <https://www.mlit.go.jp/river/bousai/main/saigai/tisiki/syozaiti/>
- 3) 佐山敬洋, 岩見洋一：降雨流出氾濫(RRI)モデルの開発と応用, 土木技術資料 56-6, pp. 18-21, 2014
- 4) 瀧ら：中小河川群の氾濫域における超過洪水を考慮した減災対策の評価方法に関する研究, 河川技術論文集, 第 15 巻, 2009
- 5) H. Rootzen et. al.: Multivariate generalized Pareto distributions, Bernoulli Vol.12 No.5, 2006 pp.197-930
- 6) 北野ら：2 変量 GP 分布による降水量の同時生起頻度の推定法, 土木学会論文集 B1(水工学)Vol. 74, No. 4, pp. I_319-I_324, 2018