

大アンサンブル降雨シナリオを用いた 洪水リスク評価と流域治水の実現に向けて

平子 遼¹・多々納 裕一²

¹ 学生会員 京都大学大学院 情報学研究科社会情報学専攻 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄京都大学宇治キャンパス S-543D)

E-mail: hirako.ryo.82r@st.kyoto-u.ac.jp

² 正会員 京都大学防災研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄京都大学宇治キャンパス S-542D)

E-mail: tatano.hirokazu.7s@kyoto-u.ac.jp

気候変動等により全国各地で水害被害が相次いでいることを背景に全国で“流域治水”が進められている。流域治水では従来の河川や下水道などの個々の事業者の取り組みだけでなく、開発部局の事業効果やリスクも統合的に評価した上で、住民らを含めたすべての関係者で将来に向けて取り組む事柄についての合意形成が必要になる。不確実性をはらんだ将来の水害リスクを評価することは、これまでは降雨の極値を取ることなどで外力設定していたが、多数アンサンブルの気象シナリオを有する d4PDF を用いることで降雨アンサンブルシナリオから多数の氾濫シナリオを生成することができる。本研究では、統合型浸水シミュレーションに対して、大アンサンブル降雨シナリオを外力として与えたときの地先の水害リスク算定の方法論と流域治水への適用を議論する。

Key Words: river basin disaster resilience and sustainability by all, d4PDF, integrated flood analysis

1. 序論

近年、令和 2 年 7 月豪雨など未曾有の災害による激甚な水害被害が、毎年のように全国各地で発生している¹⁾。直近でも令和 4 年 8 月 1 日からの大雨²⁾では北海道から福岡県までの広い範囲に浸水被害を与え、新潟県をはじめとする北陸地方では人的被害を含めた特に大きな水害被害が生じている。こうした豪雨被害の原因のとして、異常気象³⁾や気候変動⁴⁾によるものが挙げられており、外的要因の変化に合わせた水害対策の方法を進めることが求められるであろう。これらの背景から、国土交通省では令和 3 年 3 月に図 1 に示すような、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⁵⁾している。これにより、河川・下水道管理者

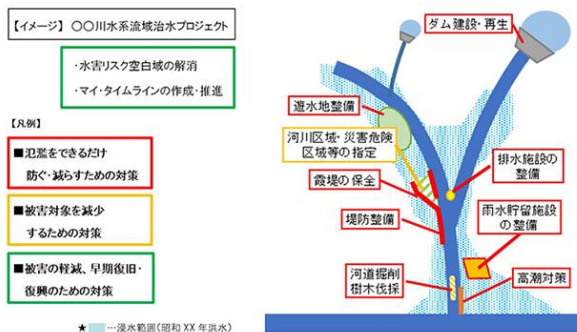


図 1 流域治水プロジェクトのイメージ⁵⁾

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。例えば、不動産取引時における水害リスク情報の提供として、宅地建物取引業法施行規則が 2020 年 7 月に改正され、重要事項説明時に水害ハザードマップにおける取引の対象物件の所在地を説明することが求められる⁶⁾ようになった。ここで用いられている水害情報は、洪水浸水想定区域図などの浸水想定区域が示されたものであるが、これは各管理河川で別個に想定される被害を重ね合わせたものになる。しかし、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応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。

そこで、本研究では流域治水に資する洪水リスク評価を実現するために、大規模アンサンブル降雨シナリオを用いた降雨外力設定による評価手法について考察する。なお、本稿における“洪水リスク”は、流域内の各地点(以下、地先)における洪水の規模(浸水深)と頻度(発生確率)の積と定義する。

2. 流域治水に資する洪水リスク評価の動き

従来の氾濫計算は、例えば国土交通省の洪水浸水想定区域図作成マニュアル⁷⁾を参考にすると、対象の降雨は告示に基づいた設定手法⁸⁾より、地域ごとに設定された降雨から対象地域での想定最大規模の降雨量および降雨波形を算出し、解析対象となる河川への流出量を計算する。この計算手法を流域治水のためのリスク評価に用いる際には、対象河川からの氾濫現象のみの解析となるため、「複数河川の相互影響や河道への戻しの影響」や「中小河川氾濫や内水氾濫の外力とは異なる降雨外力設定」になっていることが課題として挙げられる。

「複数河川の相互影響や河道への戻しの影響」の課題は、流域内に複数の河川が存在することに起因する。自治体発行のハザードマップには、複数河川からの外水氾濫や下水道施設の内水氾濫の想定が重ねられている場合があるが、これは元資料となる浸水想定区域図が各施設の整備状況で想定最大規模の外力が生じたときに生じる最大被害の包絡線となっており、相互の影響は考慮されていない。実現現象としての豪雨の際には、1つの大河川の洪水による氾濫に加え、複数の河川に起因する氾濫現象が同時に発生し相互に影響しあう可能性、また氾濫原の浸水深が大きくなることで河道へ水が再度流れ込むなどの現象が起こりうる。このような現象の再現手法として、佐山らは降雨流出から洪水氾濫までを流域一体で解析する図2のような降雨流出氾濫モデル(Rainfall-Runoff-Inundation: RRI Model)⁹⁾を開発している。河道部を1次元不定流計算、山地・平地の陸域で2次元不定流計算を用い、河道と陸域相互の水の移動も計算に考慮することができる。また、瀧ら¹⁰⁾は滋賀県の流域治水政策に用いるために、図3のような山地部は流出計算、河道域は1次元不定流、氾濫域を2次元不定流で計算することに加え、水路や下水道の効果を計算内に反映させている。

「中小河川氾濫や内水氾濫の外力とは異なる外力設定」の課題は、上記告示による外力設定の手法による。告示で示された設定手法では、「想定最大規模降雨の降雨量の設定に当たり用いる面積は、河川については当該河川の基準地点等より上流の流域面積とし、下水道施設については排水区等の面積とする。」とされており、同じ流域内に存在する河川と下水道であっても、設定される降水量や治水安全度が異なる。また、流域面積ごとの整備計画規模に用いる年超過確率が異なるため、隣接している地であっても治水・排水施設の整備特性ごとに想定されている降雨波形が異なる。加えて実降雨では降雨の時間的空間的な広がりが存在する。令和4年8月5日に発生した滋賀県高時川での洪水の際の滋賀県設置雨量観測所の位置関係を図4、上流部である菅並、支川部である杉野、下流部である落川での雨量観測の結果¹²⁾をそ

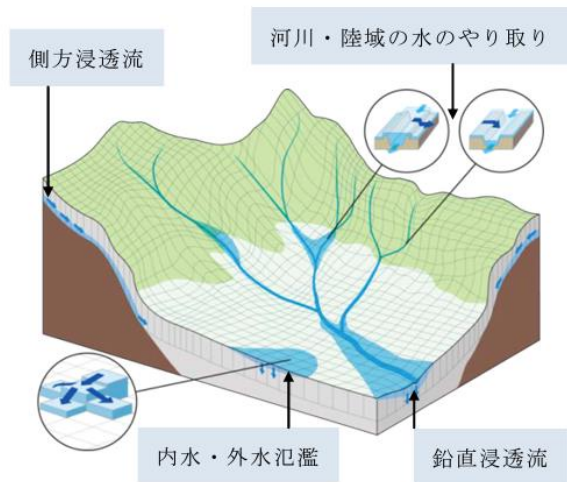


図2 RRI モデルの概念図⁹⁾

「地先の安全度」計算用 水理モデル ～内外水を同時に考慮～

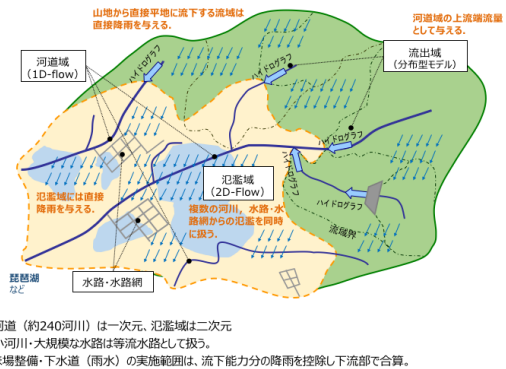


図3 地先の安全度の計算概念図¹¹⁾

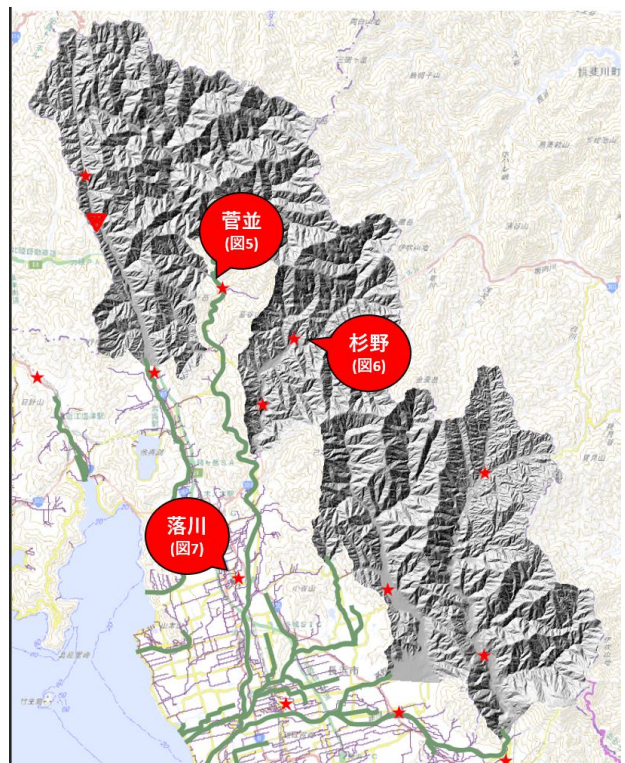


図4 滋賀県姉川・高時川流域の雨量観測点(滋賀県設置)

それぞれ図 5, 6, 7 に示す。このとき、図 5, 6 と図 7 の縦軸の縮尺が異なることには注意されたい。このように、降雨量が時間・空間的な広がり異なることに加えて、長期的で広域に相互の影響を及ぼすリスクを分析する上では、それぞれの降雨の波形の発生確率や上下流などの関係地点間での同時生起確率などの計算も必要になる。先に挙げた滋賀県の流域治水の取り組みでは、瀧らの内外水を同時に分析する試みで滋賀県内の氾濫現象を一体的に分析した“地先の安全度マップ”が作成されているが、この際には降雨は県下一様の降雨が設定されており、中長期といった時間的、流域といった空間的な広がりを考慮した分析はできていない。

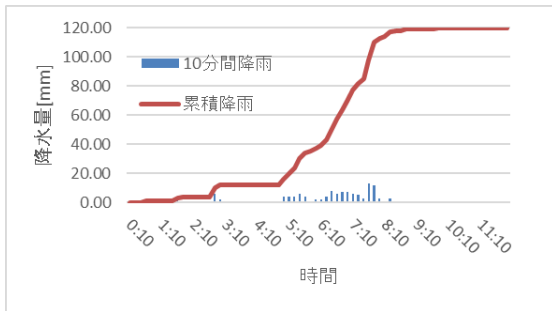


図 5 2022 年 8 月 5 日 菅並雨量観測所における雨量

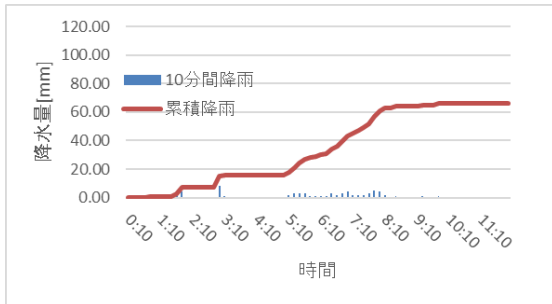


図 6 2022 年 8 月 5 日 杉野雨量観測所における雨量

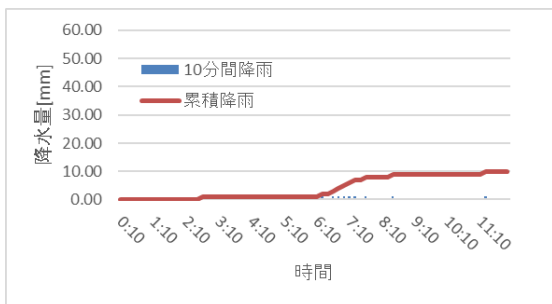


図 7 2022 年 8 月 5 日 落川雨量観測所における雨量

3. 大アンサンブル降雨シナリオを用いた氾濫シミュレーション

(1) d4PDF について

本研究で多数シナリオ降雨を得るための d4PDF¹³⁾は、海洋研究開発機構の数値実験による成果であり、全世界

で 60km、日本周辺で 20km メッシュの高解像度大気モデルを使用した高精度実験出力である。日本周辺の過去実験 3000 年分、将来 4°C 昇温実験 5400 年分などのシナリオがある。図 8 には、図 4 と同領域に黒線 5km メッシュ、赤線範囲が 20km メッシュとなるように表示している。図のように 20km メッシュでは前章でしてきたように時空間的に同様の外力を扱うことになるために、より高解像度な降雨シナリオが求められる。この d4PDF の成果を 5km メッシュにダウンスケーリングしたものが、佐々井らの大気近未来予測力学的ダウンスケーリングデータ(以下、DDS5TK)¹⁴⁾になる。対象地域は東北から九州に限定されるが、過去、4°C 昇温、2°C 昇温でそれぞれ延べ 372 年分の実験結果がある。本研究では佐々井らの DDS5TK の実験結果から、バイアス補正を施して多数シナリオ降雨として用いることを想定する。

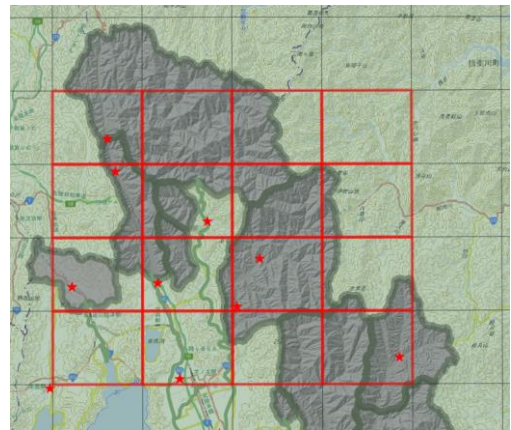


図 8 滋賀県北部地域における 5km メッシュ割付

(2) 計算手法の設定

本研究では、滋賀県を対象としてリスク評価を試みる。瀧らの地先の安全度評価に用いた統合型解析モデルおよび実務用に整備された地形モデルから、本研究の目的となる大アンサンブル降雨シナリオをリスク評価に資するシミュレータに向けての改良をする。具体的には、図 8 黒太枠で囲われた領域の流出域での等価粗度法導入による流域分割、パラメータ同定や降雨参照点の調整、氾濫原メッシュへの分布型降雨割り付けと図 9 のようなこれらの再現計算による検証となる。

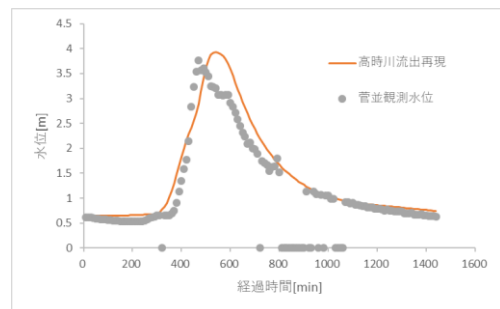


図 9 2022 年 8 月 5 日 菅並点の観測水位と再現計算

4. 洪水リスク評価のための課題と考察

本研究では、流域治水に資する評価を実施するために多種の治水・排水施設の相互効果検証や時空間分布を考慮した降雨を設定することを試みている。この手法を用いた際の課題は、それぞれの施設がシミュレーション結果通りに機能しない可能性が高い点が指摘される。洪水浸水想定区域図では、洪水では河川管理者が、内水では下水道管理者がそれぞれ管理する施設の情報をを用いて解析する。しかし、本研究のような多様な施設を含むシミュレーションは治水・排水施設の施設情報や開発情報など様々な管理者の情報が統合されているため、現時点では確認時期の不整合が生じており、将来時点では情報の未整備や更新情報の遅延などによる不整合が生じる可能性が大きくなる。

また、洪水リスク評価として、規模(浸水深)と頻度(発生確率)を求めるために大アンサンブルシナリオを用いる。ここでは物理的な分布を持った降雨を用いることで外力の確率分布を設定している。しかし、洪水氾濫の一因となる破堤確率、土砂災害の同時発生確率、流木等による堰き止め確率は考慮できていない。破堤確率は、現在のモデルでは水位が堤防各断面に設定された計画降水高・天端高に到達した場合破堤するものと破堤しないものを等確率で設定している。しかし、それぞれの発生確率は一様ではないことが考えられることから、破堤確率の分布についても考慮することを今後の課題にしたい。土砂災害の同時発生確率や流木等の堰き止め確率は、現在のモデルでは考慮していない。これは、特に中小河川で被害に及ぼす影響が大きい課題であるが、『小規模河川の氾濫推定図作成の手引き』¹⁵⁾での技術的課題で“土砂・洪水氾濫が懸念される河川区間における大量の土砂の混入を考慮した氾濫推定図の作成手法については、研究開発途上であることから、本手引きでは「当面は洪水(流水)のみを対象に氾濫解析を実施することとした」としている”としていることから、今後の研究の成果に期待したい。

謝辞：

本研究は JST 科学技術イノベーション創出に向けた大学フェローシップ創設事業 JPMJFS2123 の支援を受けたものです。

本研究は、公益財団法人河川財団の河川基金助成事業によって実施しました。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局：水害レポート，https://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/suigai_report/index.html
- 2) 気象庁：8月1日から6日の前線による大雨 令和4年(2022年)8月1日～8月6日 (速報)，<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2022/20220822/20220822.html>
- 3) 気象庁：6月下旬から7月初めの記録的な高温及びその後の天候の特徴と要因について～異常気象分析検討会の分析結果の概要～，<https://www.jma.go.jp/jma/press/2208/22b/kentoukai20220822.html>
- 4) 全国地球温暖化防止活動推進センター：IPCC第5次評価報告書特設ページ第2作業部会，<https://www.jccca.org/ipcc/ar5/wg2.html>
- 5) 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
- 6) 愛知県都市整備局基盤部都市総務課：～宅地建物取引業者のみなさんへ～水害リスクに係る情報の説明が義務化されました，https://www.pref.aichi.jp/toshisomu/takken/00_takken_kyoutuu/suigaisuku.pdf
- 7) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室，国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室，洪水浸水想定区域図作成マニュアル(第4版)，https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/pdf/manual_l_kouzuishinsui_1710.pdf, 2020.7.
- 8) 国土交通省水管理・国土保全局：浸水想定(洪水、内水)の作成等のための想定最大外力の設定方法，https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/pdf/shinsuisoutei_honnbun_1507.pdf, 2015.7
- 9) 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
- 10) 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
- 11) ミズベリング：どうなの？流域治水～KAWAREL MIZBERING CAMPUS DAY6 レポート，<https://mizbering.jp/archives/27301>, 2021.02
- 12) 滋賀県土木情報システム：統計情報，<https://shiga-bousai.jp/report/report02.php>
- 13) 国立研究開発法人海洋研究開発機構：地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース，<https://www.miroc-gcm.jp/d4PDF/>
- 14) T.Sakai et.al.：Future Projection of Extreme Heavy Snowfall Events With a 5-km Large Ensemble Regional Climate Simulation, JGR Atmospheres, Vol. 124, Issue24, pp.13975-13990, 2019.12.
- 15) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室/国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室：小規模河川の氾濫推定図作成の手引き，https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/pdf/syokibio_tebiki.pdf, 2020.6