

## 5. 常願寺・神通川における計画規模流量を用いた洪水氾濫解析に基づく垂直・水平避難の区分け

八木 隆聖<sup>1</sup>・呉 修一<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> 学生会員 富山県立大学大学院 工学研究科環境工学専攻 (〒939-0398 富山県射水市黒川 5180)

<sup>2</sup> 正会員 富山県立大学准教授 工学部環境・社会基盤工学科 (〒939-0398 富山県射水市黒川 5180)

\* E-mail: kure@pu-toyama.ac.jp

本研究は、リスクを過小評価している災害経験の少ない地域や住民に対して事前の避難促進に繋がる策を構築することを目的としている。常願寺川、神通川を対象に複数シナリオでの洪水氾濫計算を行い、リスクランク評価手法を構築することで、氾濫時の浸水深、流速を考慮した垂直・水平避難ゾーンに区分したハザードマップの新しい見せ方を提案する。解析結果より、多くの浸水域で床上浸水が発生するが家屋の倒壊や死者が発生する危険度は小さいため垂直避難で十分であることがわかった。また、特に神通川での氾濫の場合、破堤箇所付近や支川付近の一部では水平避難が必要である。

**Key Words:** , flood inundation simulation, risk rank evaluation, hazard map, Jinzu river, Jouganji river

### 1. はじめに

近年、全国各地で台風や前線の影響でほぼ毎年、深刻な水災害が生じ、多くの人々が命を落としている。平成30年7月豪雨では西日本を中心とした広範囲で記録的な大雨が観測され、死者224名の人的被害を出した<sup>1)</sup>。災害時の避難行動が重要であると取り上げられていた中で、実際に避難が確認された者は避難勧告対象者数に対して約0.5%と低い値であった<sup>1)</sup>。避難しなかった理由として「自宅の方が安全であると判断したため」、「避難するほうが危険と判断したため」、「避難勧告等を認識していなかったため」などが国土交通省のアンケート調査結果で挙げられている<sup>2)</sup>。

こうした現状に対して、現在までに様々な避難促進に向けた研究が取り組まれている。例えば、呉ら<sup>3)</sup>は地域住民に対してアンケート調査・ヒアリング調査を行い、避難活動や情報伝達時にどのような課題が存在するかを示した。牛山ら<sup>4)</sup>は地域住民に対してアンケート調査を行い、防災気象情報における「言葉」による情報よりも「レベル」での数値による警報の方が効果的な可能性があると指摘している。

ここで事前の水平避難が必要な区域を判断するには、歩行での避難可否や家屋倒壊などを検討する必要がある。現状のハザードマップで指標に用いている氾濫時の浸水深に加えて流速、流体力を考慮したリスクランク評価が

重要となる。リスクランク評価に関する研究では、米田ら<sup>5)</sup>が浸水域の水深と流速を指標とする5つのリスクランクを設定している。これにより、常にリスクが高いエリアを抽出し、関係機関で早期の浸水対策を判断することを提案している。また、吉田ら<sup>6)</sup>は氾濫時の浸水深及び流速に応じて7つのリスクランクの設定を行い、一級河川梯川中下流域における破堤氾濫発生時の徒歩での避難可能時間の算定を行った。リスクランクでは顕著な差がみられないケースでも、避難可能時間に数時間の差があることを示している。

このように多くの研究が実施され、様々な実務での対応も行われているが、昨今の豪雨においても全く避難が促進されていないのが現状である。本研究では事前の避難促進を目的とし地域住民に強いインパクトを与えるため、氾濫時の浸水深と流速を考慮し垂直・水平避難が必要な安全・危険ゾーンの2つに区分することを想定している。

本研究では、富山市を流れる常願寺川および神通川を対象にした複数の洪水シナリオで洪水氾濫計算を行う。これにより、氾濫時の浸水深、流速を考慮したリスクランク評価に基づき、垂直・水平避難が必要な2つのゾーンを対象地域で明示することを目的とする。また、リスクランクでは八木・呉<sup>7)</sup>が令和元年長野県千曲川の洪水氾濫による家屋被害の状況を組み込んだ評価を用いる。

## 2. 対象流域の概要

本研究では、富山県と岐阜県を流れる神通川と富山県を流れる常願寺川の2つの河川（図-1）を対象河川とし、対象河川の浸水域に該当する富山市を対象地域とする。富山市は人口約41万人、面積は約1,200 km<sup>2</sup>である。市内には1級河川である神通川や常願寺川、2級河川の井田川、熊野川などの大小さまざまな河川が流れ、川で結ばれた文化圏を成している。神通川は岐阜県の川上岳（標高1,626m）を水源とする。幹川流路延長が120km、流域面積が2,720km<sup>2</sup>の一級河川である。また、急勾配であり、河床の勾配は上流で約1/20から1/150、下流で約1/250からほぼフラットとなる。常願寺川は富山県南東部に位置し、富山県の北ノ俣岳（標高2,661m）を水源とする。幹川流路延長が56km、流域面積が368km<sup>2</sup>の一級河川である。日本で最も急な河川で、山間部での勾配は約1/30であり、氾濫域での勾配は約1/100である。

## 3. 研究手法

リスクランク評価を行うために富山市を対象とした洪水氾濫解析を行った。外力には常願寺川と神通川それぞれの計画規模流量を設定した。以下に詳細を記す。

### (1) 洪水氾濫手法の概要

洪水氾濫計算には、著者らのグループが従来から使用している2次元不定流計算を行う<sup>9)</sup>。本手法では降雨流出モデルから算出されるサブ流域からの流出量を横流入量として、河川での洪水追跡および洪水氾濫が計算される。1次元不定流計算に基づく河道部の洪水追跡は、常願寺川、神通川の全域を対象に行っている。それぞれの河道網は国土数値情報の河川データから抽出している。河川横断面データは、国土交通省のデータを大臣管理区間で使用している。この区間より上流では、降雨流出計算で算定された流量が十分に流下できる河川幅と堤防幅を仮想的に設定した。河道部でのマンニングの粗度係数は0.04で全区間一律の値を設けている。

堤防決壊地点は常願寺川の場合では左岸側を、神通川の場合では右岸側を対象に行っている。堤内地の標高データは、国土地理院の30mメッシュ標高データを使用するとともに、マンニングの粗度係数は0.03と0.06の2ケースをそれぞれ空間的に一律で与え計算している。計算タイムステップは $\Delta t=0.4$ sで計算を行った。

氾濫生起条件の設定には土木研究所より提案されている堤防決壊モデル<sup>9)</sup>を使用した。堤防破堤後瞬時に最終堤防破堤幅の1/2が破堤し、30分から1時間かけて最終堤防幅まで拡大するとした。堤防破堤箇所は河川の蛇行

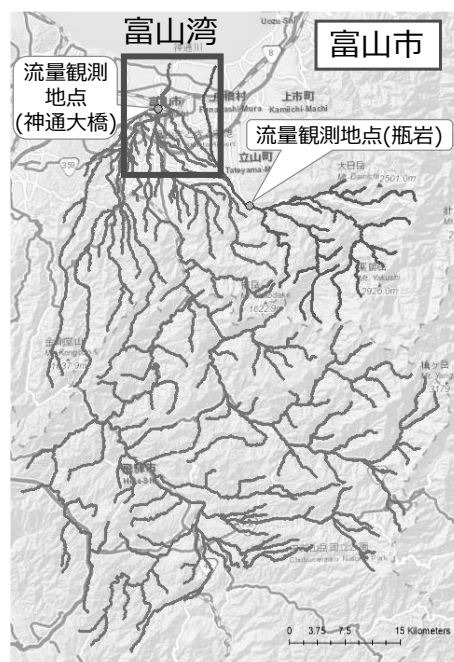


図-1 神通川流域（左）、常願寺川流域（右）とその周辺の位置関係

部や、堤防高と水位の差が小さい箇所に設定した。常願寺川で7か所、神通川で7か所、堤防破堤箇所を設けている。

### (2) 対象流量の設定

本研究では、水平避難が必要な地域を明示するため、常願寺川と神通川それぞれの計画規模流量を設定した。

常願寺川では、国土交通省の常願寺川水系河川整備計画より瓶岩地点における基本高水ピーク流量 4,600 m<sup>3</sup>/s を、神通川では神通川水系河川整備計画より神通川大橋地点における基本高水ピーク流量 9,700 m<sup>3</sup>/s を設定している。神通川では上記の流量を神通川、井田川、熊野川に各河川のピーク流量を用いて配分した。

## 4. 計算結果と考察

### (1) 洪水氾濫計算結果

計画規模流量、複数の堤防破堤箇所、異なる氾濫域のマンニングの粗度係数で解析を行い、それぞれの解析結果の流速及び浸水深で、各グリッドの最大値を、最大流速、浸水深として解析する。以下に結果を示す。

各河川の計画規模流量を用いた氾濫計算結果を図-2に示す。破堤地点は図中で白色の×印で示している。図-2より常願寺川の氾濫で一部が浸水していないことがわかる。これは国道8号線が氾濫流を堰き止めているためである。また、神通川の氾濫では下流部での破堤箇所付近や支川付近で浸水深が大きいことがわかる。

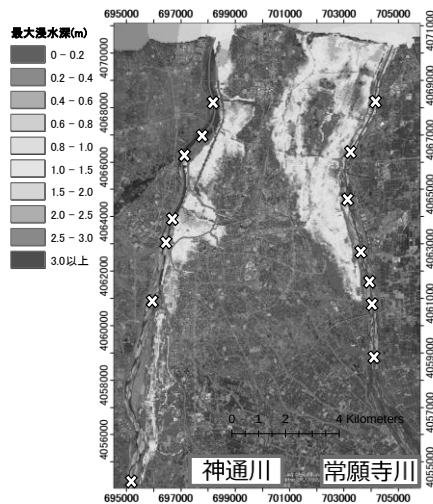


図-2 破堤から24時間後の計画規模流量を用いた最大浸水深 (m) の空間分布

## 5. 避難促進に向けたリスクランク評価

### (1) 浸水深と流速を考慮したリスクランク手法

#### a) 従来モデル

浸水氾濫に伴う水害リスクランク評価の一つにLIFESimモデル<sup>10)</sup>がある。LIFESimモデルは浸水深のみで評価されており、避難活動で重要な流速や流体力などが考慮されていない。また、日本の河川洪水災害ではLIFESimモデルで設定されている危険水位帯の高さを下回る水位でも死者が発生している<sup>11)</sup>。よって、このようなモデルは日本に適さず、日本の河川災害の特徴にあったリスクランク手法を提案する必要がある。

#### b) 本研究で提案する評価手法の概要

本研究で提案する評価手法は八木ら<sup>7)</sup>が用いた氾濫発生時の浸水深及び流速に応じたリスクランクを用いる。このリスクランクは2019年台風19号での千曲川の洪水データを用いて垂直・水平避難ゾーンの境界線を設定している。また、このリスクランクを元に水平・垂直避難の2つのゾーンに区分けを行う。各リスクランクの浸水深と流速の関係を図-3に示す。

## 6. 本研究で提案するハザードマップの概要

### (1) 4分類でのハザードマップの提案

前章で提案した4つのリスクランク評価(図-3)を用いたハザードマップ(図-4)を示す。図-4より神通川では下流部での破堤付近や支川付近では家屋倒壊・死者発生を示した。常願寺川では多くの範囲で床上浸水は発生

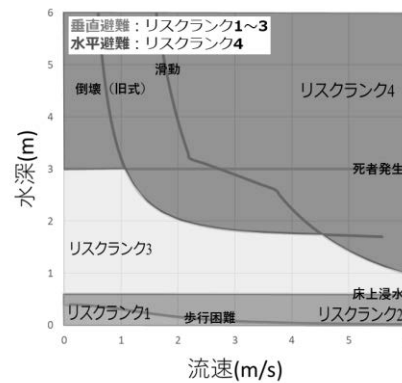


図-3 浸水深と流速による4分類でのリスクランク

するが家屋倒壊の危険性は極めて小さいことがわかる。しかし、各河川における堤防破堤箇所付近では危険性が高く、これは破堤箇所付近では流速、流体力が大きいたことが要因である。このように本論文では一つの河川で7箇所ですら決壊を生じさせていないが、今後は大幅に破堤箇所を増加させて検討する必要がある。

### (2) 垂直・水平避難ゾーンの提案

前章で提案した浸水深と流速で評価したリスクランクを垂直・水平避難の2分類で示したハザードマップ(図-5)を示す。4分類のリスクランク評価(図-4)では、多くの範囲で床上浸水が発生しているが図-5では神通川の下流部での破堤箇所付近や支川箇所付近では水平避難が必要であるが、富山市における計画規模降雨では多くの範囲で垂直避難で十分であることがわかった。このように2色で水平・垂直避難区分を分類することのインパクトは大きく、要水平避難の区分の住民に与える影響は大きいと考え、避難促進に向けた一案として提案する。

## 7. まとめ

本論文は、リスクランク評価とハザードマップの提案に向けて、複数洪水シナリオを考慮した洪水氾濫解析を行った。以下、得られた知見を列挙する。

- 1) 常願寺川、神通川を対象とした洪水氾濫解析を実施した。外力には、計画規模の設定を行うとともに、氾濫域のマニングの粗度係数や破堤箇所に複数シナリオを設定した計算を行うことで、最大浸水深、流速を評価した。神通川での破堤の際は、下流部での破堤箇所や支川付近で浸水深の影響が大きいことがわかった。
- 2) 八木ら<sup>7)</sup>が用いた浸水深、流速を考慮した4つの指標に基づき水平・垂直避難区域の分類を行った。富山市における多くの浸水域で床上浸水が発生す

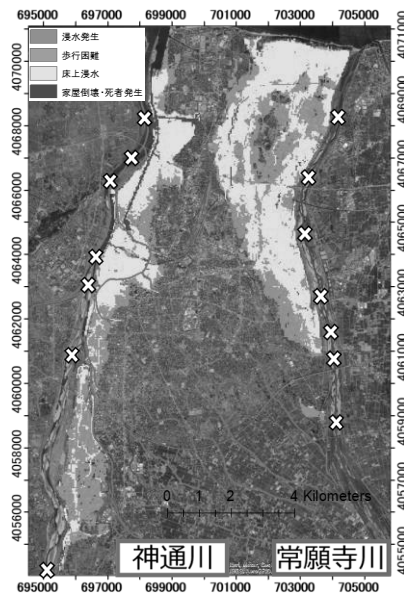


図-4 4分類のリスクランク評価を用いた  
4色のハザードマップ

るが家屋倒壊の危険性は小さく垂直避難で十分であることがわかった。また、水平・垂直避難区域の分類は地域住民に強いインパクトを与える可能性が高く、避難促進策の一つとして提案する。

しかしながら、本論文では堤防破堤箇所を各河川で7箇所しか計算していないため、破堤点付近での極めて速い流速を再現できていない可能性が高い。よって、今後も破堤箇所を増やすなど、多くの解析を通じて本論文の結果は検証、アップデートされる必要がある点は注意されたい。また、八木・呉<sup>7)</sup>のように想定最大規模での解析も逐次進める必要があるの、こちらも参照されたい。

**謝辞：**本研究は、JSPS 科研費 JP18K04372 および（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20S11813）の助成を受け実施した。本研究で使った河川横断面データは、国土交通省富山河川国道事務所に提供頂いた。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 総務省消防庁、平成 30 年 7 月豪雨を踏まえた水害・土砂災害からの避難のあり方について [https://www.bousai.go.jp/fusuigai/suigai\\_dosyaworking/pdf/honbun.pdf](https://www.bousai.go.jp/fusuigai/suigai_dosyaworking/pdf/honbun.pdf) (2019 年 9 月 12 日閲覧)
- 2) 国土交通省、避難した理由、<http://www.mlit.go.jp/river/sabo/pdf/190124chiku-bousai.pdf> (2020 年 1 月 7 日閲覧)
- 3) 呉修一、千村紘徳、地引泰人、佐藤翔輔、森口周二、呂本俊亮：地域住民を対象とした防災情報の理解度

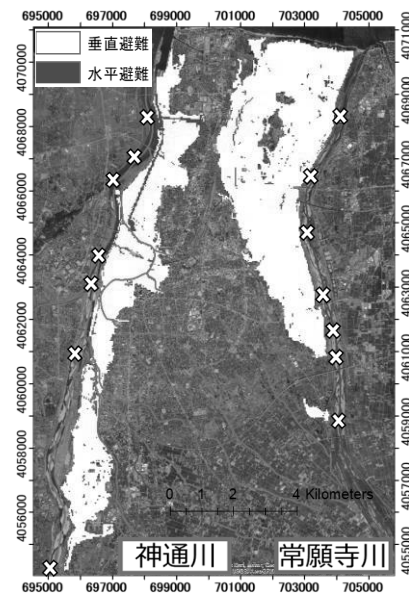


図-5 2分類のリスクランク評価を用いた  
垂直・水平避難ゾーン

等に関する基礎調査と可能最大洪水を想定した防災対応の提案，自然災害科学，Vol.38,No.4，印刷中，2020.

- 4) 牛山素行：レベル化された気象警報に対する情報利用者の認識，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.70,No.4,I\_1513-I\_1518,2014.
- 5) 米田駿星，佐藤誠，川村育男，渡邊一靖，松本勝治，山田朋人：大規模洪水時における内外水同時氾濫解析モデルを用いた時空間的な浸水リスク評価，河川技術論文集，第 25 巻，2019.
- 6) 吉田李生，谷口健司，渋尾欣弘：氾濫シミュレーションに基づくリスクランク評価と避難可能時間の算定，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.75,No.2,I\_1351-I\_1356,2004..
- 7) 八木隆聖，呉修一：常願寺・神通川における洪水氾濫解析・リスクランク評価による垂直・水平避難ゾーンの提案，水工学論文集，Vol.65，投稿中，2020.
- 8) 尾島由利香，呉修一，石川彰真，B. A. Priyambodoho，丸谷靖幸：庄川における降雨流出・洪水氾濫解析と可能最大洪水時の利賀ダムの影響評価，土木学会論文集 G（環境），Vol.75，No.5，pp.I\_281-I\_287，2019.
- 9) 国土交通省，洪水浸水想定区域作成マニュアル（第 4 版）2017.10.6，[http://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/pdf/manual\\_kouzuishinsui\\_1710.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/pdf/manual_kouzuishinsui_1710.pdf) (2020 年 1 月 14 日閲覧)
- 10) US Army Corps of Engineers(2004) Hydrologic Engineering Center,<https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-Lifesim/features.aspx>.
- 11) Bambang Priyambodoho，八木隆聖，石川彰真，木藤あや音，呉修一：2019 年長野県千曲川洪水災害における家屋被害状況と氾濫流況の関係，水工学論文集，Vol.65，投稿中，2020.