

洪水氾濫計算結果の見せ方に関する基礎的研究*

八木 隆聖, 呉 修一 富山県立大学 環境・社会基盤工学科

1. はじめに

近年, 全国各地で豪雨災害が発生し, 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. 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¹⁾. 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た²⁾.

既往研究では避難促進に向けた新しい策の提案がされてきた. 呉ら³⁾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の⁴⁾を示した. また, 可能最大洪水氾濫を評価した新しい洪水ハザードマップ・情報の一例を提案した. 牛山ら⁴⁾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⁵⁾と提案した. また, 警報的な情報だけでなく, 避難勧告などの情報を組み合わせることも重要であると示唆した. しかし, 警報のレベルでの数値化や想定最大規模でのハザードマップは実用化されているが, 昨今の豪雨において全く避難が促進されていないのが現状である.

したがって, 本研究では油断している災害経験の少ない地域や住民に対して避難促進に繋がる策を検討する. 特に洪水災害に対してリスクを過小評価している現状があるため, 富山市における複数の洪水シナリオの災害状況を洪水氾濫計算により再現し, 分かりやすい洪水氾濫計算結果・ハザードマップの見せ方を提案する.

2. 対象地域

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つの河川を対象とし, 対象河川の浸水域に該当する富山市を対象とする. 神通川は岐阜県の川上岳(標高1,626m)を水源とし, 流域面積が2,720 km²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0である. 常願寺川は富山県の北ノ俣岳(標高2,661m)を水源とし, 流域面積が368 km²の一級河川である. また, 日本で最も急な河川であり, 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

常願寺川・神通川の2つの河川で洪水氾濫計算を行う. 浸水域での地形データの空間解像度は5mと30mを用いる. 計画規模や想定最大規模での計算, 破堤箇所を変更した複数の洪水シナリオを計算する. 流速や流体力, 浸水深で被害状況を整理する. これらを用いて避難方向, 危険域の詳細な情報を提示する. また, 避難促進のために現在のハザードマップや洪水氾濫計算結果の見せ方の課題を抽出し, 様々な提案を行う. そのため本論文では洪水氾濫のリスクランクの設定をまずは行う.

*A basic research to show hazard maps easier to understand for local people,

by Ryuusei Yagi and Shuichi Kure

4. モデル・データの概要

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⁵⁾を使用した。堤防破堤箇所は常願寺川河口部から8,000mの左岸部での1ケースを行う。地盤標高データは国土交通省の空間解像度5mと水文補正標高データ⁶⁾の空間解像度30mを用いる。河道部のマンニングの粗度係数は0.033, 氾濫原のマンニングの粗度係数は0.033である。計算タイムステップは空間解像度5mでは $\Delta t=0.2s$, 空間解像度30mでは $\Delta t=0.4s$ を用いた。河川横断面データは富山河川国道事務所からの提供である。外力は計画規模流量を用いた。また、以下に本研究で用いた計算の概要を示す。

(1) 河道部の洪水追跡計算

河道部の洪水追跡計算には1次元不定流計算を用いた。1次元不定流計算は、以下の(1)-(2)の式を用いる。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_l \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(uQ)}{\partial t} = gA \frac{\partial(h+z)}{\partial x} - \frac{gn^2|Q|Q}{R^{4/3}A} \quad (2)$$

ここに、 A : 流積[m²], R : 径深, Q : 流量[m³/s], q_l : 側方流入量[m³/s], u : 流速[m²/s], h : 水深[m], z : 標高[m], n : マニングの粗度係数[m^{-1/3}s]である。

(2) 氾濫域での洪水氾濫計算

洪水氾濫計算はMIKE FLOOD (DHI)を使用し、2次元不定流計算を行う。2次元不定流計算は以下の式(3)-(5)を用いる。

<連続式>

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

<運動方程式>

x方向

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{C^2-h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] = 0 \quad (4)$$

y方向

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{C^2-h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] = 0 \quad (5)$$

ここに、 τ : 底面せん断応力[Pa], p : x 方向流量フラックス[m³/s], q : 方向流量フラックス[m³/s], C : 粗度係数, ρ_w : 水の密度[kg/m³], ζ : 水位[m], h : 水深[m], g : 重力加速度[m/s²]である。

5. 計算結果

上記のモデルを用いて洪水氾濫計算を行った。最大流速の解析結果を図1に示す。同様に浸水深での比較なども行っている。

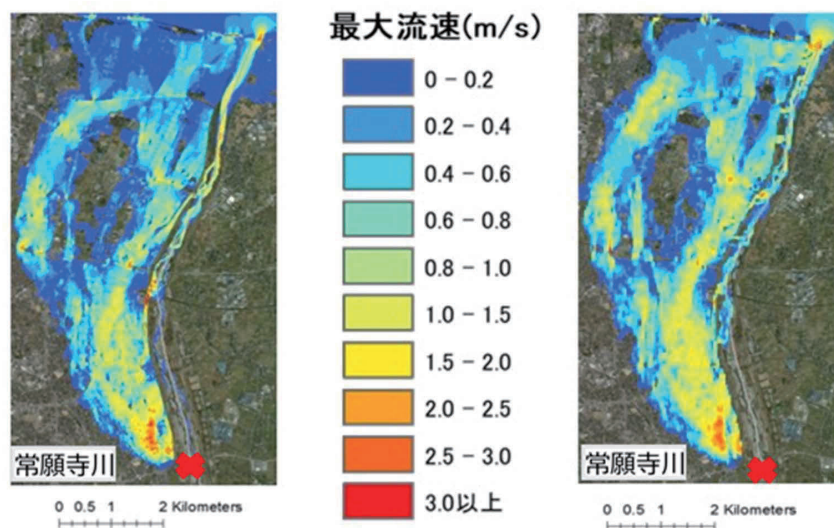


図1 空間解像度 5 m (左) と空間解像度 30 m (右) の最大流速

浸水域の中央で浸水が見られないが、これは国道8号線で氾濫が堰き止められていると考える。また、空間解像度 5 m (左) を用いた解析結果は空間解像度 30 m (右) を用いた解析結果より、道路や田畑の影響が鮮明に出ていることがわかる。しかし、空間解像度 5 m (左) で最大流速の値が 3.0 m/s 以上を示しており、空間解像度 30 m (右) でも同様の結果が得られている。したがって、空間解像度 30 m を用いた解析は空間解像度 5 m を用いた解析と比較しても十分に再現性が高いと考える。

6. リスクランク評価

浸水氾濫に伴う水災害リスク評価として LIFESim モデルと Floris モデルがある^{7,8)}。

LIFESim モデルは米国陸軍工兵隊が人命損失を予測するために開発されたものである。床面からの浸水深により危険水位帯、準危険水位帯、安全水位帯に分類し、年齢、建物の階数から危険度別の人数を算出し、設定された死亡率を乗じて死者数を推定する手法である。

一方、Floris モデルは氾濫時の流体力や流速、水位上昇速度、浸水深から氾濫域を決壊箇所付近の高速流を特徴とする領域1、水位上昇率が高い領域2、水深が支配的な領域3の3つに区分し、アメリカやイギリス、オランダ、日本の水害データから導かれた死亡率関数から死者数を推定するモデルである。

本研究で提案するモデルは氾濫発生時の浸水深及び流速に応じて4つのリスクランク評価と2つのリスクランク評価を設定した。リスクランクを2つにすることで分かりやすく、油断している地域住民にインパクトを与えることができると考える。また、リスクランクと浸水深、流速の関係をそれぞれ図2、図3に示す。

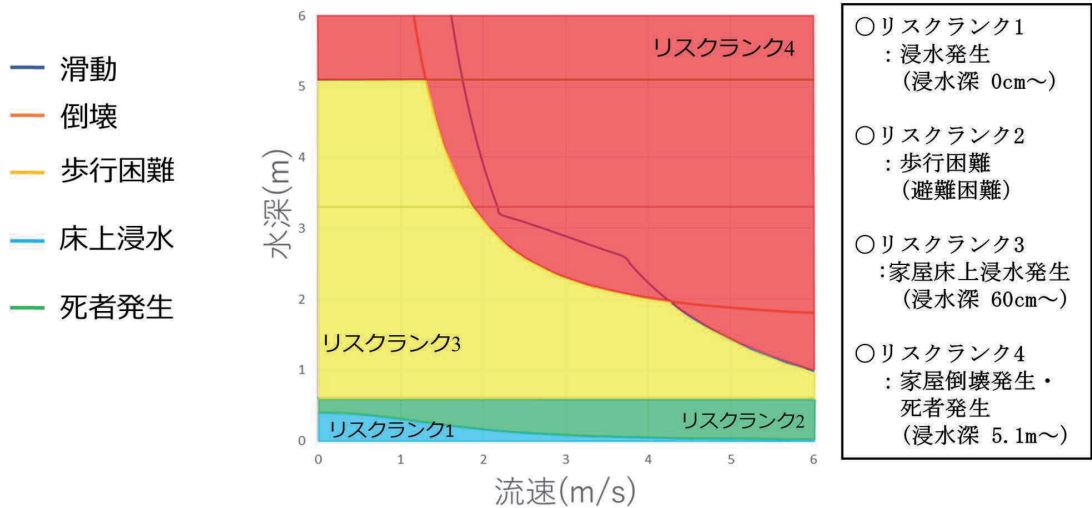


図2 浸水深と流速による4つの浸水リスクランクの提案

歩行での避難困難は単位幅比力(Mo)で評価される⁹⁾。Moの値が大きいかほど避難困難であることを意味する。本研究では高齢女性の場合でのMoの値が0.08 m³/mを超えると歩行による避難が困難であることを用いた。リスクランク3の浸水深60 cmはLIFESimモデルの地表面から家屋の床上までの高さの値を用いた。リスクランク4の浸水深5.1 mはLIFESimモデルの地表面から床面からの浸水深により分類された危険水位帯までの高さを用いた。

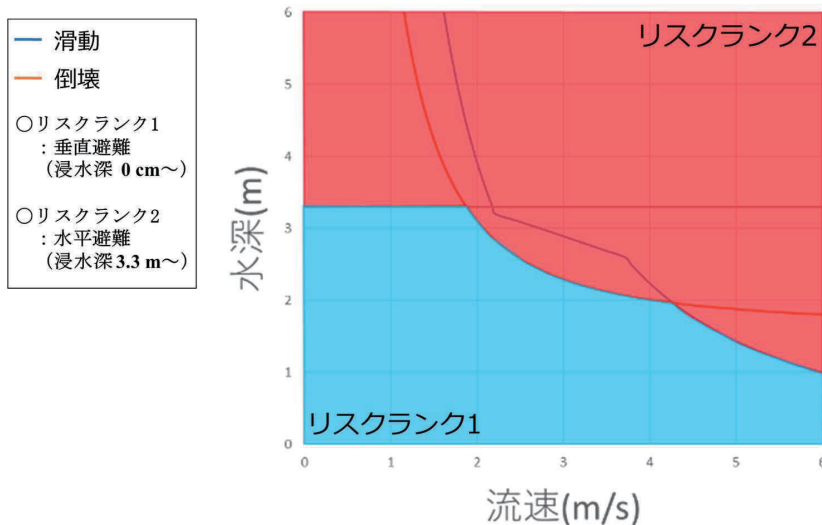


図3 浸水深と流速による2つの浸水リスクランクの提案

建物の倒壊、滑動についてはモデル家屋の倒壊限界の試算⁹⁾を用いた。浸水深 3.3 m は LIFESim モデルの地表面から 1 階天井までの高さの値を用いた。

7. まとめ

洪水氾濫計算では常願寺川を対象とした洪水氾濫解析モデルを適用した。また、リスクランク評価では、リスクランクを 2 つにすることで視覚的に分かりやすく情報をとらえることができ、災害時の避難につながるのではないかと考える。しかし、水平避難と垂直避難の境界線の設定が絶対的とは言えないため今後も検討していく予定である。また、今後は氾濫シミュレーションの結果から本研究で提案した 2 つのリスクランクに基づきそれぞれ 4 色と 2 色でのハザードマップなどの提案を行う。

謝辞：

本研究は、JSPS 科研費 JP18K04372 および令和元年度河川砂防技術研究開発の助成を受け実施したものです。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
(2019 年 9 月 12 日アクセス)
- 2) 国土交通省, 避難した理由, <http://www.mlit.go.jp/river/sabo/pdf/190124chikubousai.pdf>
(2020 年 1 月 7 日アクセス)
- 3) 呉 修一, 千村 紘徳, 地引 泰人, 佐藤 翔輔, 森口 周二, 邑本 俊亮: 地域住民を対象とした防災情報の理解度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) 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
- 6) Yamazaki D., S. Togashi, A. Takeshima, T. Sayama (2018)"HIGH-RESOLUTION FLOW DIRECTION MAP OF JAPAN"Journal of Japan Society of Civil Engineers (B1), vol.74(5), I_163-I_168(In Japanese with English abstract)
- 7) US Army Corps of Engineers (2004) Hydrologic Engineering Center,
<https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-lifsim/features.aspx>
- 8) Rijkswaterstaat VNK Project Office, The National Flood Risk Analysis for the Netherlands: FINAL REPORT, 2016.
- 9) 浅井 良純, 石垣 泰輔, 馬場 康之, 戸田 圭一: 高齢者を含めた地下空間浸水時における避難経路の安全性に関する検討, 水工学論文集, 第 53 巻, 859-864, 2009.