34.事前避難促進に向けた浸水ハザード情報の様々な可視化方法の検討

松本　晋太朗[1]*・沼澤　蓮音[2]・呉　修一[3]

[1]富山県立大学大学院工学研究科環境・社会基盤工学専攻（〒939-039富山県射水市黒河5180）

[2]富山県立大学　工学部　環境・社会基盤工学科（〒939-039富山県射水市黒河5180）

[3]富山県立大学　工学部　環境・社会基盤工学科（〒939-039富山県射水市黒河5180）

＊ E-mail: *u357014@st.pu-toyama.ac.jp*

本研究は住民による居住地における危険度の認知，事前避難促進に向けて富山県の急流河川における堤防の侵食リスクを考慮した氾濫各地点のリスク（地先のリスクマップ）と他の表示方法との比較・検討を行い，住民の避難促進に繋がる表示方法の検討を目的としている．本研究では富山県にある一級河川，5河川を対象に洪水氾濫解析を行い，地先のリスクの算定を行う．結果として，侵食リスクを考慮した浸水・床上浸水・水平避難確率の算定が行えた．また，神通川右岸側での危険性が明らかとなった．本研究での結果（確率でのリスク表示）と，3次元での表示方法などとの比較・検討を行った．その結果本研究での結果を各表示方法に組み込むことで住民が自身の居住地域の危険性を理解しやすくなり，事前避難の促進に役立つと考えられることが分かった．

Key Words : *risk map, visualization, flood inundation simulation, jinzu river, 3D*

1. はじめに

近年，毎年のように全国各地で豪雨災害が発生し，多くの人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[注1)]．水災害対策を進めていくためにはハザード情報の充実化が必要である．また，現状のハザードマップでは，水深の表示のみであり，自身の住む居住地域がどの程度危険なのか分からないといった点や浸急流河川における堤防の侵食リスクが考慮されていないなどの問題点が挙げられる．特に，富山県は黒部川や常願寺川をはじめとした急流河川が存在していることから，侵食による被害（越水無き破堤）が他の地域と比較して多く発生することが考えられる．こうした水災害による被害を減らしていくためにも住民による事前避難が必要である．しかしながら，上記した平成30年7月豪雨では避難勧告者数に対して約0.5 %の者のみしか避難が確認されなかった[注1)]．そのため，住民に自身の住む居住地域における危険性を理解してもらい事前避難を促進するような分かりやすいハザード情報の提示を行っていく必要がある．よって，本研究では富山県の急流河川における堤防の侵食リスクを考慮した氾濫各地点のリスク（地先のリスク）マップの提示を行う．また，本研究における結果と，ハザード情報の可視化による地域住民の事前避難促進のために取り組んでいた氾濫流の主要な流れを示すベクトル表示，準3次元表示（二項目の指標），最大浸水深を用いた3次元での表示，VRでの動画の可視化との比較を行う．氾濫流の主要な流れを示すベクトル表示では氾濫流全体の流れの傾向を知ることができる．また，準3次元表示では2つの項目を同時に示すことができるため，複数の情報を同時に得ることができる．そして，最大浸水深を用いた3次元での表示やVRでの動画の可視化では立体的に洪水氾濫による被害を示すことができる．そのため，地域住民に自身の居住地における危険性を理解してもらいやすくなり，洪水氾濫に対する興味・関心を持ってもらうきっかけとしての活用を行うことができると考えられる．よって，これらの表示方法との比較・検討を行うことで，住民がより理解しやすく，最もリスクの見せ方として適し，地域住民の

自発的な避難を促進することに繋がる表示方法の検討を行う．

2. 対象流域の概要

本研究では，富山県を流れる小矢部川，庄川，神通川，常願寺川，黒部川(**図-1**)を対象河川とし，対象河川の浸水域に該当する富山県全域を対象地域とする．小矢部川は流域面積が667 km^2，幹川流路延長が68 kmである．庄川は流域面積が1,189 km^2，幹川流路延長が115 kmである．神通川は流域面積が2,720 km^2，幹川流路延長が120 kmである．常願寺川は流域面積が368 km^2，幹川流路延長が56 kmである．黒部川は流域面積が682 km^2， 幹川流路延長が85 kmである．上記の5河川は全て一級河川に該当する．対象河川はどれも急流河川であり，侵食による堤防への被害が懸念されている．

3. 研究手法

本研究における洪水氾濫解析の概要・結果を以下に，記す．

(1) 洪水氾濫解析手法の概要

本研究では富山県を流れる小矢部川，庄川，神通川，常願寺川，黒部川を対象河川とし，富山県全域を対象地域とする．外力設定には国土交通省の算定した想定最大流量を用いた． 1次元不定流計算には国土数値情報[注2)]の河川データより抽出を行った河川網を使用し，河川横断面データは大臣管理区間にて国土交通省のデータを使用した．2次元不定流計算における堤防破堤幅は急流河川においては破堤箇所の川幅とすることが洪水浸水想定区域作成マニュアル[注3)]において設定されているため本研究においても同様の条件で行った．また，ピーク流量に達する2時間前に破堤するものとして洪水氾濫解析を行った．堤内地においては水文補正標高データ[1)]の30 mメッシュ標高データを用いている．そして，今井ら[2)]の式を用いて家屋格子に粗度係数を与えることで家屋による影響の考慮を行う．

(2) 洪水氾濫解析結果

松本・呉[3)]の手法を元にして行った洪水氾濫解析結果を**図-2**，**図-3**に示す．小矢部川の左岸側，神通川の両岸では最大浸水深が5.0 m以上となる地域が

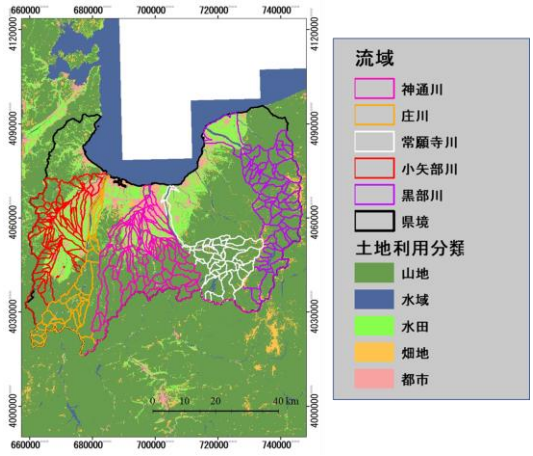


図-1 富山県河川の位置関係と土地利用

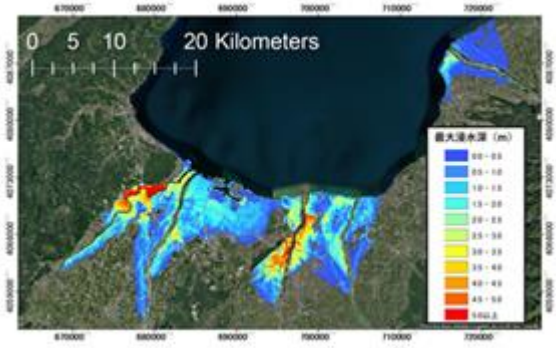


図-2 算定した最大浸水深の空間分布[3)]

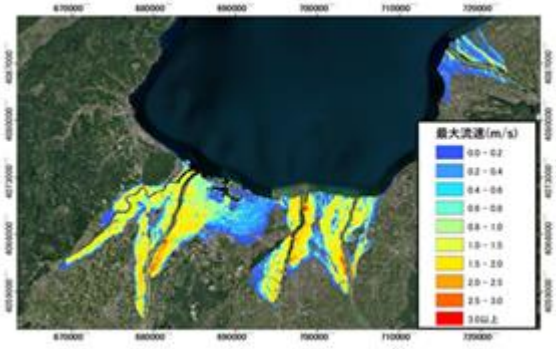


図-3 算定した最大流速の空間分布[3)]

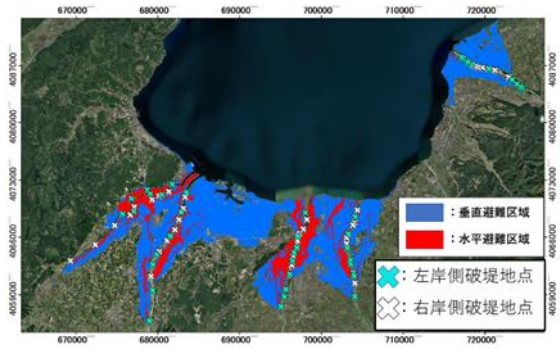


図-4 算定した垂直・水平避難区域の空間分布図[3)]

見られたが，広範囲での広がりは見せていない．それに対して，常願寺川左岸側では上流域から河口付近まで広範囲での浸水が確認された．また，庄川右岸側では下流側において広範囲での浸水が確認された．下流側において広範囲での浸水が確認された常願寺川左岸側，庄川右岸側ではともに想定破堤地点付近で最大流速が3.0 m/s以上を示している．

(3) 富山県5河川での垂直・水平避難区域の検討

洪水氾濫解析から得られた最大浸水深・最大流速の結果と佐藤ら[4]のリスクランクを用いて垂直・水平避難区域の算定を行う．**図-4**に算定した垂直・水平避難区域の図を示す．小矢部川，神通川の両岸，で水平避難区域が広く見られた．また，常願寺川左岸側，庄川両岸の一部地域においても水平避難区域が見られた．

(4) 5つの表示方法の概要

洪水氾濫解析によって得られた浸水深，流速の結果と松本・呉 [3]の手法における地先のリスクマップの作成手順を用いて氾濫各地点のリスク（地先のリスク）マップの作成を行う．破堤のしやすさの重みづけには藤下・呉 [5]の堤防の危険度評価（総合的な侵食ポテンシャル評価（過去実験））を用いて，堤内地における浸水・床上浸水・水平避難確率を示す．

氾濫流の流れを示すベクトル表示を**図-5** に示す．この表示方法では解析結果から得られた各破堤箇所付近での U，V 方向での最大流速の結果を用いて氾濫流の方向を示し，最大浸水深の結果と共に示す．

準 3 次元表示（2 項目の指標）を**図-6** に示す．ベクトル表示の際と同様に洪水氾濫解析結果より得られた U，V 方向での最大流速の結果を用いて各地点での最短到達時間を算定し，最大浸水深の結果を高さで見せることで 2 つの成分の表示を行う．

最大浸水深を用いた 3 次元での表示を**図-7** に示す．最大浸水深の結果を Google Earth の機能を用いて表示する．

VR での動画の可視化を**図-8** に示す．可視化には氾濫解析結果を用いて行う．氾濫解析結果と地形のバランスが重要であり，防災についての興味・関心をもってもらうためのツールとしての利用が現状では最も有益な利用方法であると考えている．

4. 計算結果

前章にて算出した浸水深・流速の結果を用いて堤防の危険度評価を考慮した地先のリスクの算定を行う．

(1) 堤防の危険度評価を考慮した地先のリスクマップの提案

松本・呉 [3]の手法を用いて算定した危険度 3 分類での浸水確率の結果を**図-9** に示す．浸水確率の高い地域は小矢部川右岸側や神通川右岸側などで見られた．このことから，下流域や標高の低い地域での発生確率が高いことが分かる．

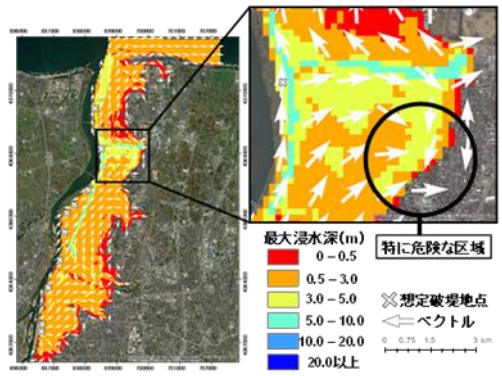


図-5 ハザード情報の可視化結果（ベクトル表示）

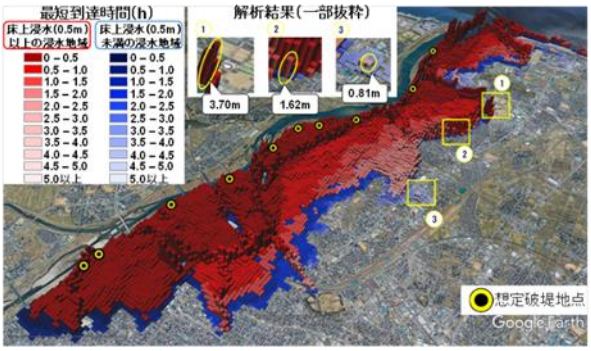


図-6 ハザード情報の可視化結果
（二項目の指標の組合せ）



図-7 ハザード情報の可視化結果（3Dでの表現）

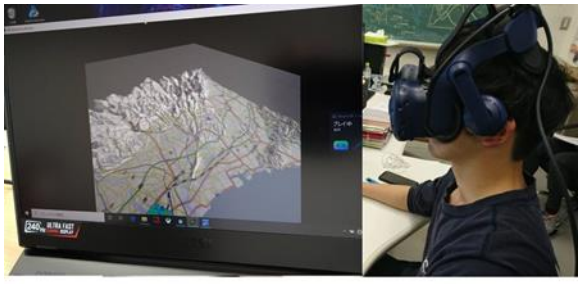


図-8 ハザード情報の可視化結果

(2) 家屋倒壊等氾濫想定区域との比較・考察

神通川右岸・左岸における垂直・水平避難区域の空間分布と家屋倒壊等氾濫想定区域とを重ねたものを**図-10**に示す．神通川左岸側においては家屋倒壊等氾濫想定区域よりも水平避難が必要な区域の方が広がりが見られた．このように家屋倒壊等氾濫想定区域の中に該当していなくても，水平避難が必要とされる地域を明示することが出来た．また，神通川右岸側には商業施設などが多く広がりを見せていることからも神通川右岸側での対策が必要である．

(3) 5つの表示方法の比較・検討

図-9 に示した松本・呉 [3]の手法を用いて算定した危険度 3 分類での浸水確率の結果では堤防の侵食リスクを考慮した氾濫各地点のリスクが確率の色分けによって表示されている．垂直・水平避難区域の空間分布では 2 色での表示がされているため，3 分類での表示と比較して一目で自身の居住地区では水平避難が必要とされるのかが分かる．しかし，3 分類での表示に比べてどの程度の割合で居住地区が危険となるのかが分かりにくいというデメリットが見られる．そのため，垂直・水平避難区域の算定結果と 3 分類での結果の比較を住民各自で行う必要がある．

図-5 に示した氾濫流の主要な流れを示すベクトル表示では氾濫流の主要な流れを示すことで氾濫流の流れの傾向を知ることができるため，避難経路の選定に役立てることができる．また，流れの方向を知ることで氾濫流の集まりやすい地域を確認することができるため氾濫流の向かう方向で生活する地域住民は事前避難を行うことができるようになる．そこで，本研究における地先のリスクと氾濫流の主要な流れを示すベクトル表示を重ねることでより明確に自身の地域が危険な箇所に該当しているのかを確認することが容易となる．

図-6 に示したような準 3 次元表示（二項目の指標）では洪水到達時間を色分けを行うことで示し，各地域における最大浸水深の結果を高さ方向で示すことで 2 つのリスクを同時に示すことが可能となっている．そのため，高さ方向で示している最大浸水深の結果を本研究にて算定された結果を用いることで危険な地域に該当しているかの判断が行いやすくなる．これは高さを示す表示を確率を示す表示に変更することで居住地域ごとの危険度をより分かりやすく伝えることができると考えたためである．

図-7 に示したような最大浸水深を用いた 3 次元での表示では 3 次元での表示を行うことで視覚的に各地域における浸水の危険性を知ることができるためより多くの人に理解がしやすいものとなっている．この表示方法においても上記と同様に最大浸水深の結果を今回算定した結果に変更することで危険な地域を確率による色分けで示すことができるようになるため，安全な地域と危険な地域の区別がつきやすくなる．

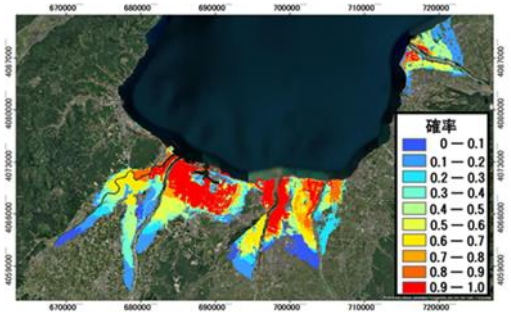


図-9 算定した浸水確率の空間分布図[3]

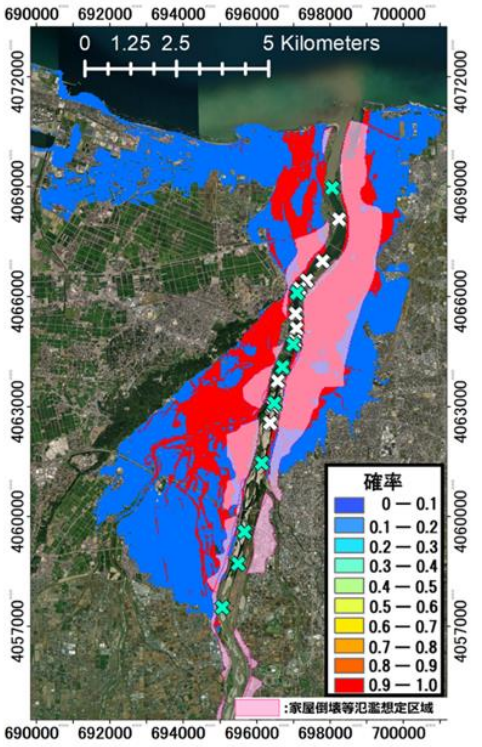


図-10 算神通川右岸側における水平避難が必要な区域の空間分布図と家屋倒壊等氾濫想定区域の関係

図-8 に示したような VR での動画の可視化において VR での可視化は氾濫解析結果と広域地形でのバランスが重要である．本研究での結果を適応することでより多くの地域住民が自身の居住地域におけるリスクを知ることができるようになり，災害時の事前避難向上に役立つと考えられる．また，各地域での危険度を色分けや確率の変化で示すことができるため避難に興味を持ってもらうためのツールとしての利用価値が高まると考えている．

5. まとめ

本研究では急流河川における堤防の侵食リスクを考慮した地先のリスクを算定し，3つの表示方法と

の比較を行った．結果として，地先のリスクの算定においては浸水・床上浸水・水平避難確率のそれぞれで危険度の高い箇所を明示することができた．特に，神通川右岸側においては家屋倒壊等氾濫想定区域との重なりが見られた．

算定した地先のリスクの結果と4つの表示方法との比較・検討から本研究での算定結果をそれぞれの表示方法に組み込むことによって住民が自身の居住地域の危険性を理解しやすくなり，事前避難の促進に役立つと考えられることが分かった． 特に，氾濫流の主要な流れを示すベクトル表示や準3次元での2つの項目を同時に示す表示方法などは本研究での結果をより明瞭に示すことができるため地域住民からの理解が得られやすい表示方法にとなると考えている．

謝辞：本研究は，R5 年度国土交通省河川砂防技術研究開発公募「富山県急流河川における降雨特性位変化を考慮した流路変動・被災リスクの検討」および環境省・（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20S11813）により実施した．ここに記して，謝意を表します．

NOTES

注1) 中央防災会議，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，pp. 4-5，2018.

注2) 国土交通省，国土数値情報ダウンロードサービス，https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/.

注3) 国土交通省，洪水浸水想定区域作成マニュアル（第 4 版 ），http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/pdf/manual_kouzuishinsui_1710.pdf，pp. 19，2017.

REFERENCES

1) 山崎大，富樫冴佳，竹島滉，佐山敬洋：日本全域高解像度の表面流向データ整備，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.74，No.4,pp.I_163-I_168,2018. [Yamazaki, D., Togashi, S., Takeshima, A., Sayama, T.: *High-resolution flow direction map of japan*, pp.I_163-I_168, 2018.]

2) 今井健太郎，今村文彦，岩間俊二：市街地における実用的な津波氾濫解析手法の提案，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.69，No.2，pp.I_311-I_315，2013. [Imai, K., Imamura, F., Iwama, S.:*Advanced tsunami computation for urban regions*, pp.I_311-I_315, 2013.]

3) 松本晋太朗，呉修一：地富山県河川における堤防の侵食リスクを考慮した浸水ハザード情報の提案，土木学会論文集 B1（水工学），68 巻，査読中．[Matsumoto, S. and Kure S.: *Proposal of flood hazard information based on erosion potential of levees in rivers of toyama prefecture,japan*.]

4) 佐藤智，今井文彦，首藤伸夫：洪水氾濫の数値計算および家屋被害について-8610 号台風による吉田川の場合-，第 33 回水理講演会論文集，1989．[Sato, S., Imamura, F. and Shuto, N.: *Numerical simulation of flood and damage to houses -a case of the river due to typhoon No.8610*.

5) 藤下龍澄，呉修一：地球温暖化による 1.5℃上昇と各種適応策が富山県河川の洪水・侵食リスクに与える影響評価，土木学会論文集 G（環境），79 巻 5 号，査読中．[Fujishita, R. and Kure S.: *Evaluation of 1.5 degrees Celsius increase due to global warming and adaption measures for flood and erosion risks in rivers in toyama prefecture,japan*.]