

河川氾濫の3Dハザードマップ作成技術に関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 29～令 3

担当チーム：寒地河川チーム

研究担当者：大串弘哉、矢部浩規、前田俊一、
大石哲也、川村里実、平松裕基、
井上卓也、山田嵩、岩崎理樹

【要旨】

近年、想定を超える豪雨増加に伴い、避難指示を受ける住民の数も増加している。住民の避難判断時に有益な情報となる洪水ハザードマップの効果を最大限発揮するため、浸水状況をより実感しやすい表示方法を探ることは重要である。そこで、Google Earth を活用した3D 浸水ハザードマップを提案し、これを無料で作成できるソフトを作成し公開した。また、このマップに治水地形分類図を重ね合わせることによって、川の成り立ちを踏まえた3D 浸水ハザードマップを作成した。さらに、浸水域を避けるような経路検索方法についても検討を実施した。

キーワード：洪水ハザードマップ、浸水状況の可視化、3D 表示、治水地形分類図、経路検索

1. はじめに

近年、想定を超える豪雨増加に伴い、河川氾濫に備え避難指示を受ける住民の数も増加している。2018年の西日本豪雨では、岡山県倉敷市真備町の実際の浸水域とハザードマップの浸水域が概ね一致していたことが報道で大きく取り上げられた。しかし、被災地でのアンケート調査によると、ハザードマップの認知度は高くなかったことが指摘されている。

住民の避難判断時には洪水ハザードマップが有益な情報となるが、この時点でハザードマップの作成が義務づけられていたのは、洪水予報河川や水位周知河川に指定されている全国の約2000河川であった。その後、2019年の東日本台風ではこれらに指定されていない中小河川でも多くの氾濫が生じたことから、2021年5月に水防法が改正され、浸水想定区域の指定が拡大されることとなった。その中で、2025年度までに国土交通省は約17000河川まで指定を拡大することを目標とした²⁾。また、2015年の社会資本整備審議会の答申を踏まえ「水防災意識社会 再構築ビジョン」が国土交通省水管理・国土保全局から示され、住民が自らリスクを察知し、自ら考え行動するための情報を整備することがソフト対策のポイントとして挙げられた³⁾。さらに、2020年9月に国土交通省の総合施策「総力戦で挑む防災・減災プロジェクト」の中でも、住民避難が重点推進施策として挙げられた⁴⁾。このように、水害に対するソフト対策の重要性が増してきている。

以上のことを考慮すると、住民にとって自らリスクを察知し、行動するためには、理解しやすく利用しやすいハザードマップの提供は欠かせない。

先駆的な研究の取り組み例として、田中・井上・清水は、想定される浸水状況を住民がより実感しやすいような表示方法を開発することを目的として、KML化することによって、Google EarthやStreet View上に浸水深を表示する方法を提案した⁵⁾。本研究は、この考え方を参考に表示方法に改良を加えた「3D浸水ハザードマップ」を提案した。また、このマップを誰でも作成できるようにするため作成ソフトを開発し、寒地河川チームのホームページ上で公開した。本ソフトは、各市町村が3D浸水ハザードマップを新規に作成したい場合や、避難所などの情報に変更が生じた場合に容易に作成・更新を可能にする。本報では、2章で3D浸水ハザードマップの表示方法に関する検討について述べる。さらに、本マップの利点に関して述べるとともに、作成したソフトの使用方法についても報告する。3章で川の成り立ちを踏まえたハザードマップの開発について述べる。3D浸水ハザードマップに治水地形分類図を重ね合わせたマップを作成することによって、川の成り立ちを踏まえた危険度を容易に把握することができるようになる。

4章で浸水域を回避する避難経路検索システムの開発について述べる。避難経路検索に関する既往研究はいくつか見られるが、主要なものとしては大西ら⁶⁾に

よって氾濫流の単位幅比力を用いた避難困難度の評価指標を提案したものが挙げられる。この手法では地下街への氾濫計算を基に、避難困難度評価指標の評価を行っているものの、避難時の移動中に広がる浸水の広がりまでは考慮していない。一方、リアルタイムの氾濫予測に関する研究として、関根⁷⁾によるXRAINと高解像度ナウキャストのデータを用いたリアルタイム浸水予測S-uiPSが挙げられる。避難経路の検索を行う際、浸水域の将来予測の結果を用いることが最も一般的であると考えられるものの、リアルタイムに高解像度かつ高精度に予測を行うためには高性能な計算機が必要となる。そこで、避難時に住民が移動する間に広がる浸水域を簡易に回避できるようなシステムの開発を目指した。

以上の検討により得られた主な成果について、次章以降で報告する。

2. 洪水ハザードマップの3D表示

2.1 洪水ハザードマップの3D表示方法に関する検討

田中・井上・清水⁹⁾が開発した3D浸水ハザードマップは、図-1(1a)、(1b)に示すように浸水深が階段状に見えるものであった。具体的には、薄橙色の正方形は氾濫解析時の計算メッシュを示しており、浸水深の計算点はこの正方形の中心にある。一般的な二次元のハザードマップでは、計算点における浸水深の値に応じてメッシュの色が塗り分けられている。同様の表示方法で浸水深を描画しようとする、図-1(1b)のようにメッシュの頂点(青色の×)を結ぶことで描画(KML化)することになる。しかし、この方法ではGoogle Earth上で水面が連続的に見えず、メッシュの境界で浸水深が大きく変わってしまうことになりうる。

そこで、本検討では図-1(2a)、(2b)に示すように氾濫解析の計算点同士を滑らかに結ぶことによって、水面が連続的に見えるような表示方法とした。この際、四点の浸水深の平均値に基づいて色を塗り分けた。これらの工夫によって従来⁹⁾と比較し見やすさが改善したものの、メッシュが半分ずれているため浸水域の輪郭が若干異なることや、四点の平均値を用いているためメッシュを塗り分けている色が若干異なる場合もあることに注意を要する。

また、KML化を行う際、(a)Google Earthのもつ標高値に各地点の浸水深を加えることで水面(ポリゴン)を表示する方法、(b)氾濫解析を行ったときに得られる水位に基づいてポリゴンを表示する方法の両者を試した。その結果、後者の場合には、浸水深が適切に表

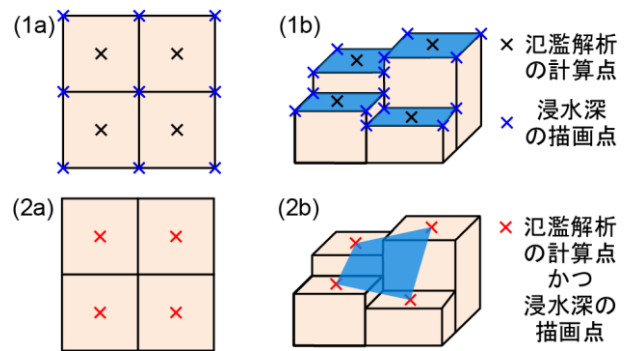


図-1 浸水深の表示方法の概念

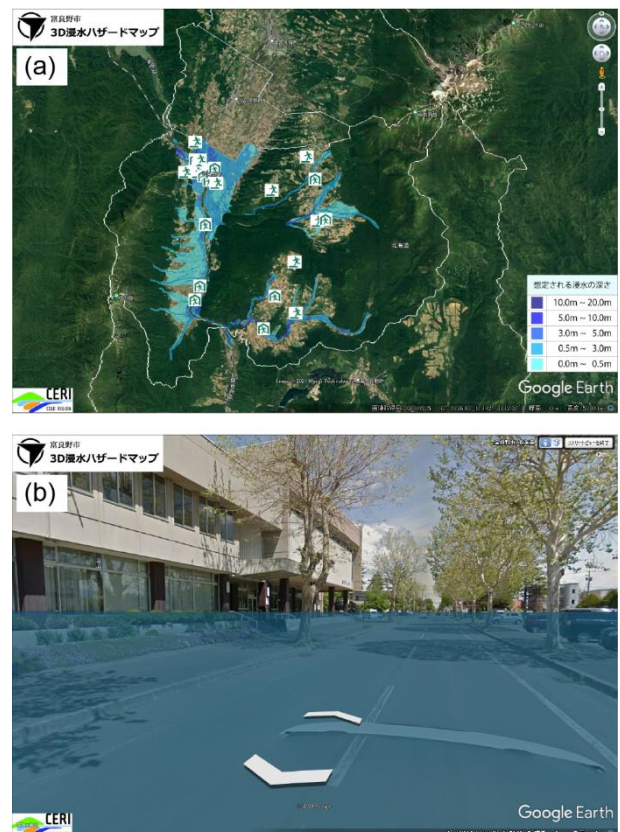


図-2 3D浸水ハザードマップの表示例：(a) 浸水域の全体像を表す俯瞰図、(b) Street View表示

示されない箇所が見られるなど不具合があった。そのため、本検討では前者による浸水深の表示方法を採用することとした。

2.2 3D浸水ハザードマップの利点

3D浸水ハザードマップの最も大きな利点は想定される浸水状況を直感的に把握できることである。この表示例を示したのが図-2である。図-2(a)は俯瞰図で浸水域の全体像を示したものであり、図-2(b)はStreet View上に浸水深を表示したものである。Google Earthを用いているため、任意の高さや角度で浸水状況を確認

認することが可能となり、さらに任意の場所で周囲の建物の高さと比較して浸水深がどの程度の大きさとなるのかを画像から判読できることがわかる。

このマップの主な利点としては、以下の5つが挙げられる。(a) 想定される浸水状況を直観的に把握できること、(b) 寒地河川チームのホームページ上 (<https://river.ceri.go.jp/contents/tool/3d-manual-zip.html>) で公開したソフトとマニュアルを利用すれば無料で作成できること、(c) 英語版などの外国語版の Google Earth があるため、これを利用すれば多言語対応できること、(d) 防災教育の学習素材としても活用できること、(e) 避難所情報が変更された場合でも、3D 浸水ハザードマップへの反映作業が容易であることである。

ただし、浸水深を確認する場合には、人や車に対して比較するのではなく建物や地面からの高さと比較することや、浸水深を可視化する際のずれ、及び Google Earth の標高値と氾濫解析を行う際に用いた標高値の違いなどによって、従来のハザードマップと見た目の違いが生じる場合があるなど留意すべき事項もある。また、氾濫解析データに関しては河川管理者から別途入手する必要がある。

2.3 作成ソフトの概要

上記の 3D 浸水ハザードマップを誰でも作成できるようなソフトとマニュアルを寒地河川チームのホームページ上で公開した。このソフトを活用する主なターゲットとしては、洪水浸水想定区域図や洪水ハザードマップを公表するのは河川管理者や自治体であるため、これらの職員が使用することを想定している。このホームページ上の画面を示したのが図-3 である。赤枠で囲われた部分がマニュアルを記した pdf ファイル、青枠で囲われた部分がソフト (exe 形式の実行ファイル)、ならびに sample データを公開している圧縮ファイルである。これらをクリックするとファイルをダウンロードすることができる。

3D浸水ハザードマップの作成の手順としては大きく二つに分けられ、3D浸水想定区域図を作成する部分と、避難所位置を表示する部分である。なお、用語について簡単に説明しておくことにする。水防法第14条により河川管理者が作成する「洪水浸水想定区域図」は、想定される洪水が発生した場合に、各地点の浸水深などがどのような状況になるかを地図上に示したものである。一方、水防法第15条により市町村が作成する「洪水ハザードマップ」は洪水浸水想定区域図に避難場所などの水害時の避難に関わる情報を記載したものである。そのため、3D浸水想定区域図を作成するソ



図-3 3D 浸水ハザードマップ作成のマニュアルとソフトのダウンロード画面



図-4 3D浸水ハザードマップ作成ソフト画面

フトと避難所位置などを描画するソフトの二つに分けて作成することにした。

3D浸水想定区域図の作成では、上記のソフトを開くと図-4 (a)のような画面が現れる。概略を説明すると、Legend Dataで、浸水深を塗り分ける際の色や閾値を設定したcsvファイルを選択 (ソフトを起動すると、国土交通省の「水害ハザードマップ作成の手引き」⁸⁾に則った配色のファイルが自動生成される)、Input Dataで浸水深などのcsvファイルを選択、Output Kmlで出力したいファイルパスを指定すると、3D浸水想定区域図が作

成される。なお、Clip Kmlは全体のうちの一部のみを描画したい場合、例えばある市町村の範囲だけを描画したい場合などに使用するもので、必須のデータではない。また、5mメッシュの浸水計算結果を描画した3D浸水ハザードマップをGoogle Earth上で開くと、ファイルサイズが大きいため表示に時間がかかってしまうことや、浸水状況を円滑に確認することができない事象が確認されている。そのため、描画範囲の広さにもよるものの、25mメッシュの浸水計算結果をInput Dataとして描画することを推奨している。また、上述の作成方法は洪水予報河川や水位周知河川に指定されている国土交通省の浸水想定区域図データ電子化ガイドラインに則った浸水計算結果が既に存在する場合の例であるが、それ以外の中小河川についてもiRIC Nays2D Flood（非定常平面二次元氾濫解析ソフト：<https://i-ric.org/>）で計算した結果があれば3D浸水想定区域図を作成することができる。

後半部分の避難所位置を表示する部分のソフトを開くと図-4 (b)の画面が現れ、市町村の名前を入力し、浸水深の凡例などの画像ファイルが格納されているimgフォルダ、浸水想定区域図のファイル、避難所・避難場所の緯度経度や災害種別毎にその施設が避難所などとして適しているか否かを入力したExcelファイル、出力したいフォルダを順に選択すると、3D浸水ハザードマップを作成することができる。

そのため、例えば避難所や避難場所の情報に変更された場合でも、避難所などの情報のExcelファイルを修正し、図-4 (b)のソフトを用いると3D浸水ハザードマップを更新することができる。このように、浸水深などのcsvファイルの収集、避難所などの情報のExcelファイルの作成という作業は生じるものの、データを一度収集及び作成すれば更新作業を容易に行うことができる。

本研究の成果として3D浸水ハザードマップは、余市町⁹⁾、富良野市¹⁰⁾、石狩市¹¹⁾で作成しており、これらは住民の避難判断に活用されることを目的として、市町のホームページ上で公開されている。

3. 川の成り立ちを踏まえたハザードマップの開発

川の成り立ちを踏まえたハザードマップ情報として、3D浸水ハザードマップに治水地形分類図を重ね合わせたマップを作成した。このマップは富良野市のホームページ上で公開されている¹⁰⁾。旧河道に氾濫水が集中する場合は多いことがこれまでも指摘されており¹²⁾、このような川の成り立ちを踏まえた浸水の危険度

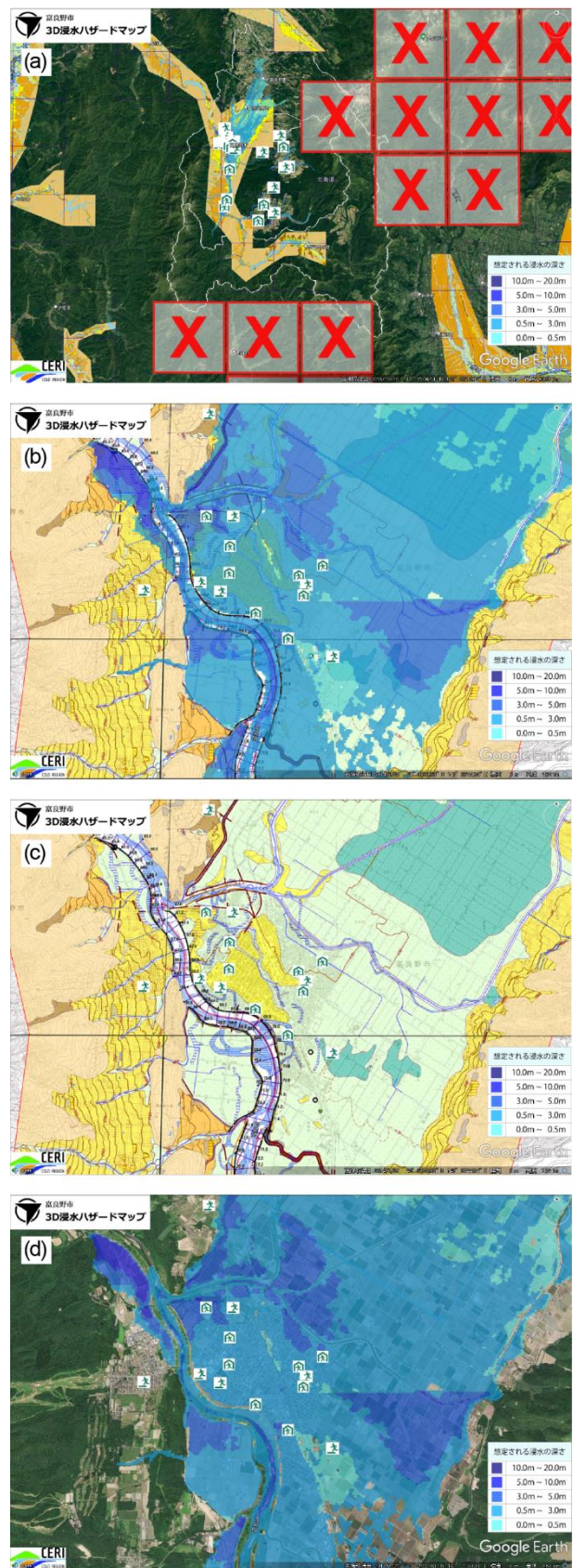


図-5 3D浸水ハザードマップと治水地形分類図の重ね合わせ：(a)全体像、(b)拡大図、(c)治水地形分類図と避難所位置、(d)3D浸水ハザードマップ

をわかりやすく表示する取り組みは重要であると考えている。

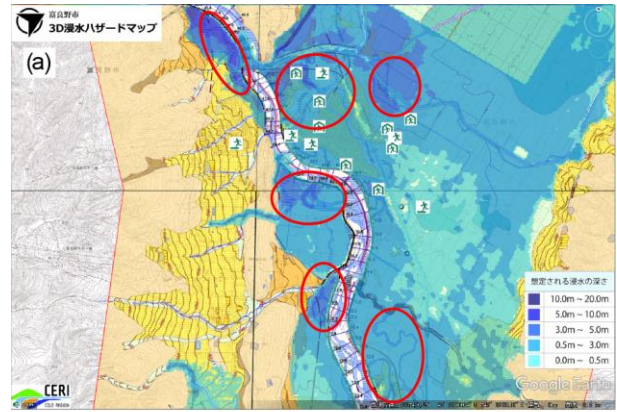
この表示例の全体像を図-5(a)に示した。なお、治水地形分類図は、国や都道府県が管理する河川の流域のうち、平野部を対象とした詳細な地形分類を示すものであるため、山地などではデータが存在しない。そのような箇所では×印と表示される。図-5(b)は図-5(a)の一部を拡大したものである。Google Earth で開いたマップは治水地形分類図や避難所位置などがレイヤのような形で分かれているため、これらを表示するか、あるいは非表示とするかをチェックボックスにより切り替えることができる。図-5(c)は浸水想定区域図を非表示とし、図-5(d)は治水地形分類図を非表示とした表示例を示したものである。このように、従来のハザードマップと治水地形分類図をそれぞれ開いて別々に見比べながら川の成り立ちを調べる必要はなく、チェックボックスをクリックすることで確認できることが特徴である。

この川の成り立ちに注目して、図-6(a)を見てみる。治水地形分類図の凡例を図-6(b)に示しており、この図は国土地理院のホームページの凡例図¹³⁾を引用し、一部抜粋したものである。この凡例からわかるように青の線が旧河道や旧流路を示している。図-6(a)の図中に赤丸の印を付けた部分は旧河道に相当し、丸印を付けていない部分と比べると浸水深が比較的大きい傾向が見て取れる。氾濫解析を行う際には地下水の挙動や浸透による影響が考慮されておらず、実際の現象ではこれらの影響は無視できないため、旧河道では氾濫解析結果より大きな被災を受ける可能性もある。このように川の成り立ちやハザードマップによる浸水状況を踏まえて、浸水に対する危険度を把握できることがこのマップの利点である。

4. 浸水域を回避する避難経路探索システムの開発

4.1 避難経路システムの概要

基本的な経路検索アルゴリズムにはダイクストラ法を用いている。この方法は最短経路を求めるための一般的なアルゴリズムの一つであり、カーナビの経路探索にも用いられている。一方で、この方法は各道路を通行するためのコスト（本研究では道路の距離）が非負（0 以上）の値でなければならないという点に注意を要する。なお、経路検索時の道路データとして、「Orkney ルート検索用道路データ DRM2609 版対応」の情報を用いた。このデータの中には各道路の標高データは含まれていないため、国土地理院の基盤地図



(b)

大分類	中分類	小分類	細分類	記号	
山地					
台地・段丘		段丘面		[Orange box]	
		崖(段丘崖)		[Purple box]	
		浅い谷		[White box with lines]	
低地	山麓堆積地形			[Brown box]	
	扇状地			[Yellow box with dots]	
	氾濫平野			[Light green box]	
	氾濫平野	後背湿地		[Green box]	
	扇状地・氾濫平野	微高地(自然堤防)			[Yellow box]
		旧河道	旧河道(明瞭)		[Blue box with lines]
	旧河道(不明瞭)			[Blue box with lines]	
落堀			[Blue box with dots]		
砂州・砂丘				[Yellow box with dots]	
人工改変地形	干拓地			[White box with lines]	
	盛り土・埋立地			[Yellow box]	
	切土地			[Grey box]	
	連続盛り土			[Red box]	
その他の地形等	天井川の区間			[Blue dashed line]	
	親河道・水面			[Blue solid line]	
	旧流路	S.30年代後半～S.40年代前半			[Blue box with diagonal lines]
		S.20年代			[Blue box with vertical lines]
		T.末期～S.初期			[Blue box with diagonal lines]
		M.末期～T.初期			[Blue box with horizontal lines]
地盤高線	主曲線			[Orange line]	
	補助曲線			[Dotted line]	

図-6 川の成り立ちや地形と浸水状況：(a) 治水地形分類図と3D浸水ハザードマップ、(b) 凡例¹³⁾より一部抜粋

情報（数値標高モデル）の標高データに基づいて、各道路のノードに対して最も近い地点の標高値を道路データに反映させることにした。

本研究では、浸水域の広がりや道路標高の違いを考慮した経路検索手法を開発した。具体的には、浸水域が接近してくる方向に向かう道路や、標高の低い方向に向かう道路を経路として選択し難くなるようにするため、以下の式を用いることによって、道路距離に重

み付けを行うこととした。

$$f_d = \left[\frac{D}{(D' - D)} \right]^{c_d} \quad (1)$$

$$f_h = \frac{1}{(1 + e^{-c_h \times s})} \quad (2)$$

$$f_t = f_d + f_h \quad (3)$$

$$L' = L / f_t \quad (4)$$

ここで、 f_d ：浸水域との距離を反映する重み関数、 D ：道路と現在の浸水域との距離、 D' ：道路と1タイムステップ前の浸水域との距離、 f_h ：道路の標高差を反映する重み関数、 s ：道路の勾配、 c_d 、 c_h ：関数の効果を調整する比例定数、 L ：実際の道路距離、 L' ：重みを考慮した仮想的な距離、 f_t ：仮想的な距離を算出する際に使用した重み関数と定義する。

上記の式(1)、(2)の狙いについて説明するために、その概念を模式的に示したのがそれぞれ図-7 (a)、(b)である。(a)は上方から見た平面図であり、図中の青線は現在の時間ステップ $t = t^n$ と、その1つ前の時間ステップ $t = t^{n-1}$ の浸水域の境界を表しており、左上から浸水域が迫ってくる状況を示している。黒の太線が道路を表しており、図中に示すような距離を D_s^n 、 D_s^{n-1} 、 D_d^n 、 D_d^{n-1} と定義する。このとき、それぞれの時間ステップにおける道路と浸水域との間の距離を以下のように定義した。

$$D = (D_s^n + D_d^n) / 2 \quad (5)$$

$$D' = (D_s^{n-1} + D_d^{n-1}) / 2 \quad (6)$$

実際の浸水域の広がりには図中の水色の線の長さであるが、ここでは $(D' - D)$ が浸水域の広がった距離であると仮定し、この値に対する D の比をとることによって、経路検索時に浸水の広がる速度を考慮した。浸水域の広がりが速い場合、すなわち危険度が高い場合には、式(1)中の分母が大きくなるため、 f_d や f_t は小さくなる。そのため、式(4)を用いると、仮想的な距離は実際の距離よりも大きくなり、避難時に使用する道路として選択し難くなる。

図-7 (b)は断面図を示しており、 z_1 、 z_2 はそれぞれの地点の標高を表している。なお、実際の道路距離 L は平面的な距離ではなく、斜めの線の距離であるが、道路勾配が極端に大きいということは考えられない。そのため、鉛直方向の距離は無視し、 L は平面的な距離 L'' と変わらないと仮定した簡便な取り扱いを行うこととした。一般に、氾濫水は標高の低い地点に向かって広がっていくため、道路標高が低い地点に向かう道路は浸水に巻き込まれる危険度が高いということを意味する。そこで、例えば、図-7 (b)の図中で地点②から①に

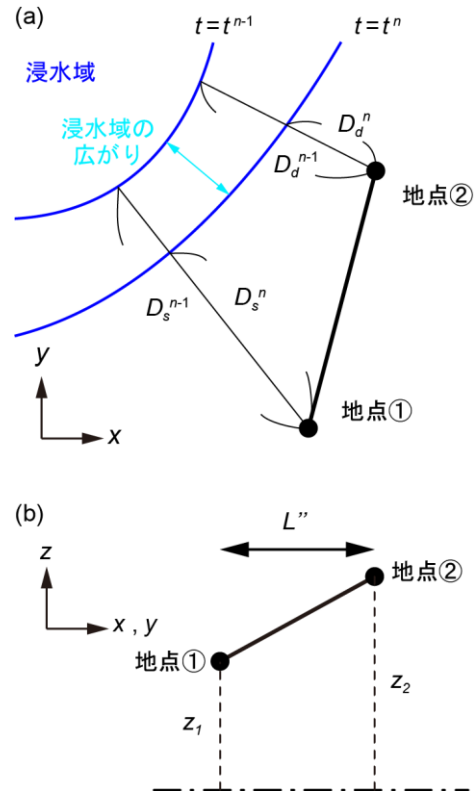


図-7 浸水に巻き込まれる危険度を低下させる式形
の概念：(a) 浸水域の広がりの考慮、(b) 道路標高の違いの考慮

向かう場合を考えてみる。勾配は $s = (z_1 - z_2) / L$ と定義する。式(2)の式形は一般にシグモイド関数と呼ばれ、 f_h は 0 から 1 の間の値をとり、勾配が $-\infty$ のときは 0、 $+\infty$ のときは 1 に漸近するような関数形である。この関数形は単調増加の傾向をもつものであり、地点②から①に向かう場合には勾配が負となるため、勾配の無い平坦な場合と比べて f_h は小さくなる。その結果、前述の f_d の場合と同様に考えると、避難時に使用する道路としては選択し難くなるように働くことがわかる。なお、地点①から②に向かう場合には、勾配は $s = (z_2 - z_1) / L$ となるため、経路として選択しやすくなる。

一般的な経路検索では、出発地点から到着地点までの総移動距離である L の総和が最小となる経路を提示することになる。一方で、本研究で開発したシステムでは L の総和が最小となるものを最適な経路として表示するようにした。別途、 c_d 、 c_h の比例定数に関して感度分析的な検討を行った結果、 $c_d = 1.0$ 、 $c_h = 0.8$ とした場合に選択される経路が妥当であると判断した。そのため、本報でもこれらの値を採用した結果について説明する。また、避難者の歩行速度は 4 km/h とし、

避難時の移動中に避難者が浸水域に巻き込まれたか否かを調べ、避難が可能であったか不可能であったかを判定する機能をもたせた。避難の目標地点については事前に複数の避難所情報を入力し、避難中に浸水域に巻き込まれることのないように、 L' の総和が最小となる最適な避難所を提案することとした。この経路検索システムは、避難開始地点が浸水に巻き込まれるか、あるいは浸水域を表すポリゴンの入力データがなくなると検索が停止するようになっている。以上のような重みを考慮した避難経路検索が QGIS（オープンソースの地理情報システム: <https://qgis.org/>）上で動作するシステムを開発した。

浸水域を表すポリゴンのデータとしては現地観測のデータが最適であり、現在肱川¹⁴⁾、三重県¹⁵⁾、佐賀市¹⁶⁾などで実際の浸水被害に対して浸水深を観測しようとする取り組みが進められているところである。しかし、高い空間解像度で時系列に計測したデータを入手することは難しい。そこで、本研究では河川氾濫時の浸水状況のデータとして、iRIC Nays2D Flood を用いた計算データを用いた。このとき、一辺が 5m のメッシュサイズで解析を行うこととし、5 分間隔で浸水深データを出力した。氾濫解析は北海道のある市を対象として行っており、検討対象地区の北側には大河川、南側には二つの中小河川が流れている。決壊地点から市街地に流れ込む氾濫流量については、洪水浸水想定区域図を作成する際の値を参考に設定した。氾濫解析時に用いた標高データについては、道路データと同様に基盤地図情報のデータとした。この氾濫計算データを基に避難経路検索を行った結果について次節で説明する。

4.2 浸水域の広がり方を考慮した避難経路

図-8は上記のように開発したシステムによって得られた避難経路検索の結果を示したものである。図中の青線が道路、水色に塗りつぶされている部分が浸水域、赤いピン（マーカー）の地点が避難開始地点、赤線が避難経路を表している。破堤開始時刻を 0 分として 5 分間隔で経路検索を行った。

まず、(a)に示した 0 分のときには、氾濫が生じる直前のため、河川が氾濫してくることを認識しておらず、避難開始地点から最短距離に位置する学校に向かって避難している。次に、10 分後の(b)の図を見ると、0 分のときに避難していた大河川に近づく学校ではなく、南側に避難していることがわかる。10 分経過時点では、0 分のときに避難していた学校や、避難時に使用する経路自体が浸水しているわけではないものの、ここへ向かうことは浸水に巻き込まれる危険度が高いと判断

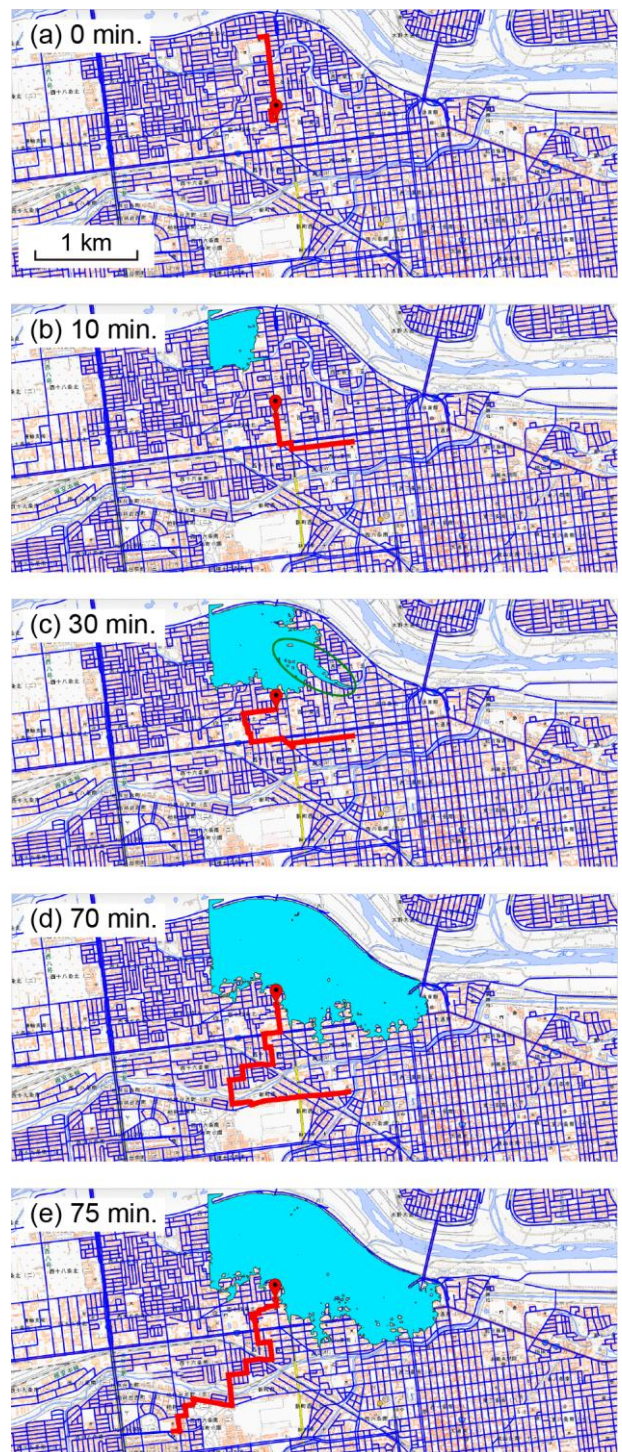


図-8 避難経路検索結果：(a)～(e) 破堤開始からの各時刻の経路

して、異なる避難所が選択されることになった。

図-8(c)中の緑丸（大河川より 500m 程度南側）の付近には小河川があるものの、本計算では河川の流れの計算は行っていない。しかし、一般に河川の水が流れている部分は標高が低いため、10～30 分の間に河川沿いに氾濫水が流れており、この部分の浸水が広がる速

度が大きくなっているとシステム上で認識されていることがわかる。そのため、30分では10分のときと避難時の目的地点は変わらないものの、小河川を避けるような経路を選択していることがわかる。

図-8 (d)に示す70分になると、10分及び30分の時間帯に避難した目的地点はまだ浸水に巻き込まれていないものの、ここを目的地点とするのではなく、さらに南の地点まで避難していることがわかる。このように、浸水の危険度を察知してより安全な地点に向かうような経路を選択できていることがわかる。

75分経過後には、南に向かって進んだ後、浸水から遠ざかるために西方向に進んでいることがわかる。85分経過後には、避難開始地点が浸水に巻き込まれたため、本システム上での経路の検索が終了となった。

以上のように、浸水に巻き込まれる危険度が高い経路を回避できるようなシステムを開発できていることが確認された。

5. まとめ

本研究では、河川氾濫による被害を最小化することを目的として、以下の三つの取り組みを行った。(a) 洪水ハザードマップを住民にとって理解しやすいものとするため、想定される浸水状況を Google Earth 上に三次元表示する「3D 浸水ハザードマップ」、(b) 川の成り立ちも踏まえたハザードマップ、(c) 浸水域を回避する避難経路検索システムの開発を行った。これらの三つの取り組みの主な成果を以下に記してまとめとする。

- 1) 浸水状況を Google Earth 上に三次元表示するに当たって、最適な方法について検討し、水面が連続的に見えるような表示方法を開発した。この「3D 浸水ハザードマップ」を誰でも作成できるようにするため、寒地河川チームのホームページ上で作成ソフトを公開している。これを用いて作成したマップが市町のホームページ上で公開され、住民の避難判断時にも活用されている。
- 2) 川の成り立ちを踏まえたハザードマップとして、治水地形分類図と3D浸水ハザードマップを重ね合わせたマップを作成した。このマップは市のホームページ上で公開されている。このマップを見ると、相対的に危険度の高い旧河道の位置などがわかりやすく表示され、住民の避難判断の一つの情報となり得ると考えられる。
- 3) 浸水域の広がりや道路の標高を考慮した新たな避難経路検索システムを開発した。これによって、避難の移動中に浸水に巻き込まれ難い経路を提案で

きることが示された。

参考文献

- 1) 内閣府：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在り方について、http://www.bousai.go.jp/fusuigai/suigai_dosyaworking/pdf/dai2kai/sankosiryo3.pdf.
- 2) 国土交通省：住民自らの行動に結びつく水害・土砂災害ハザード・リスク情報共有プロジェクト、https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/hazard_risk/dai06kai/dai06kai_siryo01.pdf.
- 3) 国土交通省：水防災意識社会再構築ビジョン、<https://www.mlit.go.jp/river/mizubousaivision/>.
- 4) 国土交通省：総力戦で挑む防災・減災プロジェクト～いのちとくらしをまもる防災減災～、https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/sosei_point_tk_000034.html.
- 5) 田中甫幸、井上卓也、清水康行：KMLを用いた氾濫計算可視化の高度化、土木学会論文集 B1 (水工学)、Vol.73、No.4、pp.I_331-I_336、2017.
- 6) 大西良純、石垣泰輔、馬場康之、戸田圭一：地下空間浸水時における避難困難度指標とその適用、水工学論文集、第52巻、pp.841-846、2008.
- 7) 関根正人：リアルタイム浸水予報技術による都市地下空間の浸水被害軽減対策、日本不動産学会、Vol.34、2号、pp.33-37、2020.
- 8) 国土交通省：水害ハザードマップ作成の手引き、https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/saigai/tisiki/hazardmap/suigai_hazardmap_tebiki_201604.pdf.
- 9) 余市町：余市町3D浸水ハザードマップ、<https://www.town.yoichi.hokkaido.jp/kurashi/kurashinohou/bousai/3dhazardmap.html>.
- 10) 富良野市：「富良野市3D浸水ハザードマップ」を作成しました、<https://www.city.furano.hokkaido.jp/life/docs/2020071500016.html>.
- 11) 石狩市：石狩市3D浸水ハザードマップ、<https://www.city.ishikari.hokkaido.jp/soshiki/kiki/52386.html>.
- 12) 中根洋治、奥田昌男、可児幸彦、早川清、松井保：旧河道と災害に関する事例的研究、土木学会論文集 D3 (土木計画学)、Vol.67、No.2、pp.182-194、2011.
- 13) 国土地理院：地理院タイル一覧、<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html#lcmfc2>.
- 14) 藤原義教：LPWAを活用した水位観測設備による浸水状況の把握—IoTを活用した洪水時の対応支援—、建設電気技術研究発表会、2020.
- 15) 岡本祐司：簡易型浸水センサ等を用いた浸水状況共有システムの現場実証～三重県伊勢市 宮川(勢田川) 流

域～、月刊「建設」、Vol.65、pp.16-18、2021.

- 16) 佐賀市:「浸水標尺の読み取り協力について(お願い)」、
<https://www.city.saga.lg.jp/main/24782.html>.

STUDY ON 3D INUNDATION HAZARD MAP DEVELOPMENT OF RIVER FLOODING

Research Period: FY2017-2021

Research Team: River Engineering Research Team,
Cold-Region Hydraulic and
Aquatic Environment Engineering
Research Group

Author: OGUSHI Hiroya,
YABE Hiroki
MAEDA Shunichi
OISHI Tetsuya
KAWAMURA Satomi
HIRAMATSU Yuki
INOUE Takuya
YAMADA Takashi
IWASAKI Toshiki

Abstract: In order to maximize the effect of a flood hazard map, which is useful information when deciding to evacuate residents, it is important to find a display method that makes it easier to feel the inundation depth. Therefore, we proposed a 3D inundation hazard map using Google Earth, and created and released software that can create this map for free.

Keywords: Flood hazard map, Visualization of inundation depth, 3D display, Landform classification map for flood control, Route search system