

RRIモデルを用いた「洪水カルテ」による 地区レベルの洪水危険度評価手法の提案

栗林大輔・大原美保・澤野久弥

1. はじめに

近年激甚化している水災害の防止・軽減のためには、発災の事前および直前に、過去の災害履歴や現在の降雨・水位情報あるいは気象警報などの防災情報を有効かつ効果的に活用することで、住民の適切な減災行動につなげる必要がある。特に、地形が急峻で、かつ構造物対策に多額の費用を要する中山間地の市町村においては、そのような情報を効果的に活用した減災対策が求められている。

従来から、住民の適切な避難に資するツールとして「洪水ハザードマップ」が利用されている。しかし、一般的なハザードマップは、最大浸水深しか掲載されておらず、浸水の時系列の変化は表記されていない。防災担当者や水防団、住民による効果的な減災対策および洪水対応のためには、異なる地区ごとでの時系列での浸水情報（浸水域、浸水深、浸水開始時間など）が必要である。

これらの背景の下、本研究においては、中山間地市町村における事前の効果的な洪水対策立案に資するべく、地区レベルの洪水に対する危険度（以下「地区危険度」という。）を評価する手法を提案する。具体的には、複数の降雨・流量パターンに対して降雨流出氾濫モデル（以下「RRIモデル」という。）による氾濫解析を実施し、地区ごとに最大浸水深や浸水継続時間を算出する。それらと地区別の高齢化率などの指標を考慮し、医療カルテのように、指標別・降雨パターン別で地区危険度を一覧表の形で示す「洪水カルテ」の作成手法を提案する。さらにその結果をもとに、地区危険度が特に高く、注意を要する地区を「洪水ホットスポット」として特定する手法を提案する。

2. 対象地域の概要

新潟県東蒲原郡阿賀町は、町の中央を阿賀野川とその支流の常浪川が流れ、その沿岸の段丘を中

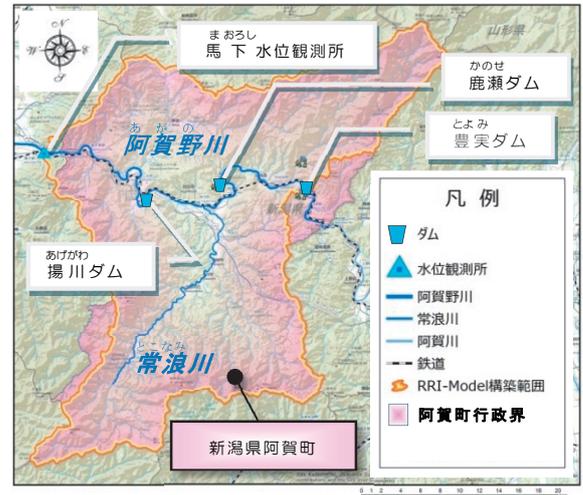


図-1 モデル構築範囲（新潟県阿賀町）

心に開けた山間地域である（図-1）。中心部は比較的平坦であるが、周辺は急峻な山岳地帯に囲まれている。面積は952.9km²（新潟県3位¹⁾）と広く、緊急時の現地確認に時間を要する。また、高齢化率は45.6%（新潟県1位（県平均30.0%）²⁾）とかなり高く、詳細な避難計画立案が求められる。さらに、阿賀町付近の阿賀野川は、新潟県管理区間であり、洪水予測などは行われていない。

このように阿賀町は、現在および今後の我が国の中山間地が抱える多くの課題を有しているため、本研究の対象地域とした。

3. 降雨流出氾濫モデルによる氾濫計算

洪水氾濫解析には、佐山ら³⁾によって開発されたRRIモデルを用いる。RRIモデルの対象地域範囲は、図-1の橙色枠囲み部分の、上流端を豊実ダム、下流端を馬下水位観測所とする、阿賀町のほぼ全域を含む範囲（約950km²）である。モデルのキャリブレーションには、近年で最大の被害を引き起こした平成23年7月新潟・福島豪雨による洪水（以下「H23年洪水」という。）を用い、国土交通省水文水質データベース、国土交通省河川事務所、新潟県および東北電力から当該豪雨期間をはさむ1か月程度の降雨や水位、流量データを入手した。また、国土交通省や新潟県から阿賀野

“Flood Chart” : a New Method for Evaluating District-Level Flood Vulnerability using the RRI Model

川と常浪川の河道断面データを入手した。

構築したRRIモデル（メッシュサイズ：250m）による河川流量と氾濫域、および浸水のタイミングの再現の結果、最上流の豊実ダム地点で流量境界条件を入力した場合に最下流の馬下地点の流量を妥当に再現できることや、特に被害が大きかった揚川ダムより下流部分では深い浸水深が再現できていること、さらに浸水のタイミングの妥当性を確認した⁴⁾。以降本研究においては、このモデルを用いて各種検討を行う。

4. 各地区の洪水脆弱性（洪水に対する地区危険度）の評価手法

4.1 評価手法の検討フロー

図-2に、本研究で提案する地区危険度評価手法の検討フロー図を示す。

RRIモデルでは、入力降雨・流量に対して対象範囲の任意メッシュにおける浸水深や浸水期間を算出できる。本研究においては、まずステップ1として、RRIモデルで算出される各種数値を用いた、後述の5つの評価軸による地区危険度評価手法を整理し提案する。ステップ2として、ステップ1で提案した手法を阿賀町に適用し、複数の降雨・流量パターンに対する地区危険度評価手法を試行して、「洪水カルテ」の作成および「洪水ホットスポット」の抽出を行う。結果は阿賀町防災担当者と共有し、適用性について議論する。

4.2 降雨・流量パターンの設定

本研究では、降雨と豊実ダムにおける放流量の組み合わせパターンとして、降雨は阿賀町において近年最大の洪水被害を生じた「H23 洪水時の実績降雨」と、国土交通省マニュアル⁵⁾を参考に、降雨期間は変えずに毎時降雨量を一律2.5倍した「想定最大外力相当降雨」の2パターンを設定した。豊実ダム放流量は、「H23 洪水時の実績放流量」と、その毎時放流量を一律1.3倍に引延ばした「河川整備基本方針規模引伸ばし放流量」の2パターンを設定して、それらを組み合わせた4パターン、さらに3時間集中波形（48.6mm/h, 74.7mm/h, 36.4mm/h）のゲリラ豪雨1パターン（放流量は平常時における流量約360m³/s）を加えた合計5パターンを設定した。

4.3 対象となる地区の抽出と代表点の選定

H23年洪水による浸水実績図⁶⁾を参考に、阿賀

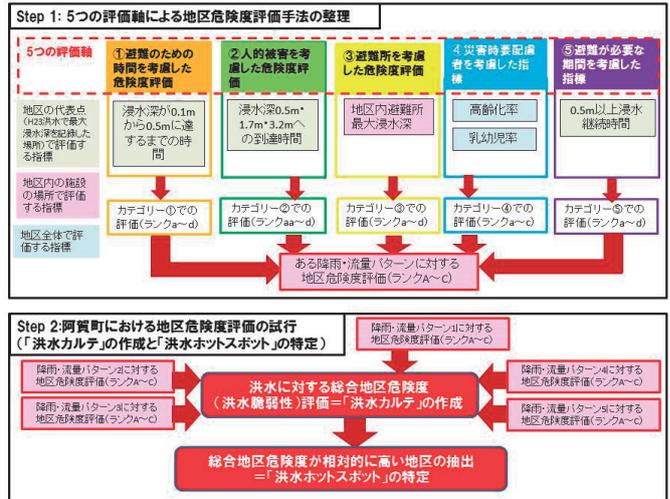


図-2 洪水に対する地区危険度の評価手法検討フロー図

表-1 地区危険度評価における5つの評価軸と閾値

評価軸	指標	ランク(配点)	閾値	根拠		
①避難のための時間を考慮した危険度評価	地区内代表点の浸水深が0.1mから0.5mに達するまでの時間	d (0点)	(0.5mに達しない場合)	阿賀町防災担当者と共有し、適用性について議論する。		
		c (1点)	6時間以上			
		b (2点)	3時間以上6時間未満			
		a (3点)	3時間未満			
②人的被害を考慮した危険度評価	地区内代表点の最大浸水深	d (0点)	0.1m未満	国土交通省マニュアル		
		c (1点)	0.1m以上0.5m未満			
		b (2点)	0.5m以上1.7m未満			
		a (3点)	1.7m以上3.2m未満			
		aa (4点)	3.2m以上			
③避難所を考慮した危険度評価	地区内の避難所の最大浸水深	d (0点)	0.1m未満	国土交通省マニュアル		
		c (1点)	0.1m以上0.3m未満			
		b (2点)	0.3m以上0.5m未満			
		a (3点)	0.5m以上			
④災害時要配慮者を考慮した危険度評価	地区内の乳幼児率と高齢化率(クロス評価)	高齢化率		地区の実数値を参考に、地区間相対比較が可能ならに設定		
		乳幼児率	~43.5%		43.6%~47.5%	
			~6%		c (1点)	b (2点)
		6%~	b (2点)		a (3点)	
⑤避難が必要な期間を考慮した危険度評価	地区内代表点の0.5m以上浸水継続時間	d (0点)	0.1日未満	RRIモデルでの計算結果を参考に、地区間相対比較が可能ならに設定		
		c (1点)	0.1日以上0.5日未満			
		b (2点)	0.5日以上1.0日未満			
		a (3点)	1.0日以上			

町の地形図⁷⁾より、浸水が起こりやすいと考えられる平野部を評価対象地域とした結果、評価の単位として19地区（地区A～S）を抽出した。なお、地区の中でH23年洪水による浸水深が最も大きいメッシュを地区内の代表点とした。

4.4 地区危険度評価における5つの評価軸

4.3で抽出した各地区に対し、表-1の5つの評価軸と指標で評価を行う。指標にはそれぞれ閾値が設定され、ランクaa～dで評価される。いずれの指標でもランクaa（あるいはa）になるほど危険と評価される。以下それぞれの評価軸について説明する。

①避難のための時間を考慮した危険度評価

指標としては、RRIモデルによる「地区内代表点の浸水深が0.1mから0.5mに達するまでの時間」を採用する。浸水深の閾値は、国土交通省マニュアル⁸⁾において、水深が0.5mを超えると徒歩による移動が困難になったり、床上浸水が発生すると

されていることから、0.5mを設定する。なお、RRIモデルではモデルの都合上、降雨の瞬間から浸水が発生する可能性があり、この影響を回避するため、本研究では0.1m以上を浸水と定義する。

また時間の閾値は、阿賀町防災担当者に対して行ったヒアリングの結果、「3時間あれば現地対応は可能」との回答から、3時間とその倍の6時間を設定する。

②人的被害を考慮した危険度評価

指標としては、RRIモデルによる「地区内代表点の最大浸水深」を採用し、閾値は①と同様に国土交通省マニュアル⁸⁾を参照して、1階の床高0.5m、1階での安全水位帯となる1.7m、および1階部分が水没する3.2mの3つを設定する。

③避難所を考慮した危険度評価

指標としてはRRIモデルによる「地区内の避難所における最大浸水深」を採用する。閾値は①・②と同様に国土交通省マニュアル⁸⁾を参照し、避難所への車両移動が難しくなる水位として0.3m、1階の床高として設定されている0.5mを設定する。

④災害時要配慮者を考慮した危険度評価

災害時要配慮者としては、乳幼児や高齢者を想定した。阿賀町の高齢化率45.6%や、乳幼児率は地区により1%~8%であることなどを考慮し、地区間の相対比較を可能とするため、高齢者率の閾値は平均値を挟むように43.6%と47.6%、乳幼児率の閾値は6%とし、クロス評価する。

⑤避難が必要な期間を考慮した危険度評価

RRIモデルでの氾濫解析の結果、0.5m以上の浸水が3日以上継続するケースは見られず(最大2.5日、平均0.5日)、地区間の相対比較を可能とするため、閾値としては0.1日、0.5日、および1.0日とする。

4.5 「洪水カルテ」による地区危険度評価

各地区の各降雨・流量パターンにおける各評価軸に対して、それぞれ危険度をランクaa~dで評価し、それらをパターンごとに合計してランクA、B、Cで評価する。ここでは、各評価軸での評価結果について、aa:4点、a:3点、b:2点、c:1点、d:0点とし、その合計値をランク(10点以上をA評価、6~9点をB評価、5点以下をC評価)で評価する。合計点が高いと、より洪水に対して危険(脆弱)であることを意味する。

表-2 地区Pに対する「洪水カルテ」

降雨・流量パターン	流域雨量	パターン1	パターン2	パターン3	パターン4	パターン5
		H23年実績降雨	想定最大外力相当降雨	H23年実績降雨	想定最大外力相当降雨	ゲリラ豪雨
危険度評価軸	豊実ダム放流量	H23年実績放流量	H23年実績放流量	基本計画引延し放流量	基本計画引延し放流量	平常時流量
①避難のための時間を考慮した危険度評価		d	d	a	a	d
②人的被害を考慮した危険度評価		d	c	b	a	d
③避難所を考慮した危険度評価		d	d	d	b	d
④災害時要配慮者を考慮した危険度評価		b	b	b	b	b
⑤避難が必要な期間を考慮した危険度評価		d	d	c	b	d
①~⑤を合計 (aa:4点、a:3点、b:2点、c:1点、d:0点)		2	3	8	12	2
ランク換算(10点以上:A評価、6~9点:B評価、5点以下:C評価)		C	C	B	A	C

4.6 「洪水ホットスポット」の特定

4.5で算出したパターンごとの合計値をさらに全パターンで合計し、最終的な地区危険度の評価を行う。合計値が40点以上の地区をA評価(赤色)、30点以上39点以下の地区をB評価(黄色)、29点以下の地区をC評価(緑色)とした。本研究では、A評価の地区を、洪水に対する危険度が高い「洪水ホットスポット」として定義する。

5. 阿賀町における地区危険度評価結果

5.1 「洪水カルテ」の作成結果

前章の手法を用いて阿賀町の19地区を対象に、地区危険度を評価した。例として、表-2に地区Pに対する評価結果を示す。

地区Pにおいては降雨・流量パターン1(H23年洪水相当)ではC評価、パターン4(想定最大外力相当降雨+引延ばし放流量)ではA評価、パターン5(ゲリラ豪雨)ではC評価であった。地区PではH23年洪水による浸水実績はなかったが、パターン4ではA評価と判定されたため、H23年洪水を上回る規模の豪雨では洪水となる危険性が潜在している。また、パターン5での発生可能性が高い内水氾濫よりも、パターン4での発生可能性が高い外水氾濫への対策を充実させることが重要である。このように洪水カルテの作成と分析により、事前の効果的な洪水対策立案が可能となる。

5.2 「洪水ホットスポット」の特定結果

表-3は、全19地区の危険度評価結果をさらに統合した評価結果一覧表である。この結果、阿賀町においてはA評価である地区A、F、Q、R、S

の 5 つの地区を「洪水ホットスポット」として特定することができた。

ただし、ここでの各評価の得点の閾値は客観的なものではなく、この表の結果で重要なのは、地区間の洪水脆弱性の数値比較が可能であるため、洪水減災対策の実施に際して地区ごとの優先順位がつけられる点であると考ええる。

この結果を地区の実名入りで阿賀町の防災担当者に示したところ、おおむね地元の感覚に一致しているとのコメントが得られたため、本研究の手法は洪水に対する地区危険度評価の一手法として確立できたと考えている。

6. 結論と今後の課題

本研究においては、RRI モデルによって計算された各地区の最大浸水深や浸水継続時間などの指標によって、指標別、あるいは降雨・流量パターン別に地区危険度を評価し、事前の効果的な洪水対策立案に資することが出来る「洪水カルテ」の作成手法を提案した。また、自治体内における洪水減災対策の優先付けを可能とする「洪水ホットスポット」を特定する手法を提案した。

本研究で設定した評価軸や指標そのものは確定されたものではない。特に、阿賀町担当者からは、各福祉施設における避難訓練の実施状況や防災教育など、各地区における「洪水対応力」を評価する必要があるのではとの示唆を頂いた。今後は、阿賀町の防災担当者の方や現地住民の皆さんとともに、現地ワークショップなどを開催しながら、本手法の改善を図る予定である。

表-3 洪水ホットスポット特定結果

降雨・流量パターン	パターン1	パターン2	パターン3	パターン4	パターン5	総合評価
流域平均降雨	H23実績降雨	想定最大外力相当降雨	H23実績降雨	想定最大外力相当降雨	ゲリラ豪雨	(A:40点以上、B:30点以上、C:29点以下)
豊実ダム放流量	H23実績降雨実績放流量	H23実績降雨実績放流量	基本計画引伸ばし放流量	基本計画引伸ばし放流量	平常時流量	
地区A	9	10	9	10	11	49
地区B	2	2	2	2	2	10
地区C	5	5	5	5	5	25
地区D	8	10	9	9	3	39
地区E	1	3	1	3	2	10
地区F	4	12	11	12	3	42
地区G	3	3	3	3	3	15
地区H	4	7	4	7	7	29
地区I	3	6	3	5	8	25
地区J	1	1	1	1	1	5
地区K	4	9	5	9	5	32
地区L	3	5	5	12	5	30
地区M	3	3	3	3	3	15
地区N	1	3	4	4	2	14
地区O	3	3	3	3	3	15
地区P	2	3	8	12	2	27
地区Q	11	11	11	13	5	51
地区R	10	10	12	10	4	46
地区S	4	12	14	12	4	46

参考文献

- 1) 阿賀町ホームページ 「阿賀町の概要」
- 2) 新潟県福祉保健部福祉保健課：高齢者の現況、平成27年10月1日現在
- 3) 佐山敬洋、建部祐哉、藤岡 奨、牛山朋来、萬矢敦啓、田中茂信：2011年タイ洪水を対象にした緊急対応の降雨流出氾濫予測、土木学会論文集B1(水工学)、Vol.69、No.1、pp.14～29、2013
- 4) 栗林大輔、佐山敬洋、近者敦彦、中村要介、澤野久弥：阿賀野川における降雨流出氾濫モデルの適用と浸水開始時刻の再現性検証について、土木学会第71回年次学術講演会、平成28年9月
- 5) 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外力の設定手法、平成27年7月
- 6) 新潟県土木部河川管理課：阿賀野川浸水実績図
- 7) 国土交通省 国土地理院：基盤地図情報
- 8) 国土交通省 水管理・国土保全局：水害の被害指標分析の手引（H25試行版）、平成25年7月

栗林大輔



土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター水災害研究グループ 主任研究員
Daisuke KURIBAYASHI

大原美保



土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター水災害研究グループ 主任研究員、博(工)
Dr. Miho OHARA

澤野久弥



土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター水災害研究グループ 上席研究員
Hisaya SAWANO