

5.1 防災災害情報の活用技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 25～平 27

担当チーム：水災害研究グループ（リスク）

研究担当者：澤野久弥、栗林大輔、佐山敬洋、工藤俊

【要旨】

土木研究所で開発した降雨流出氾濫モデル（RRI モデル）の国内流域への本格的な初の適用事例として、阿賀野川流域に位置する新潟県阿賀町を含む流域に適用し、流量及び氾濫域の再現性を検証した。その結果、平成 23 年 7 月洪水を対象とした流量再現結果については、各地点において Nash 係数は 0.9 以上であり再現性は高かった。また、氾濫域再現については、河床高が氾濫域の地盤高として計算されないよう、河道内の LP データを除去し、残ったデータから平均地盤高を計算した結果、本川での氾濫域の再現性は向上した。さらに、RRI モデルを用いた氾濫計算がリアルタイムでの氾濫域予測に適用可能かどうかについて、RRI モデルによる演算時間やシステムに必要な要件を検討した。

キーワード：氾濫解析、RRI モデル、阿賀野川、平成 23 年 7 月洪水

1. はじめに

1.1 研究の背景

近年激甚化・多様化する自然災害の防止・軽減のためには、堤防やダムなどの構造物対策の整備だけでなく、防災・災害情報を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。防災・災害情報は、気象・水文情報、気象警報、洪水予報、近隣の市町村の被害状況、住民からのメールやツイッターからの通報など多岐にわたり、市町村の防災担当者は、災害が起こりそうな際にはこれらの様々な情報を総合的に考慮し、情報を適切に提供する、非常に重要な任務を負っている。特に、地形が急峻で、かつ構造物対策に多額の予算をかけられない中山間地の市町村においては、これらの情報の有効活用が求められている。

しかし実際には中山間地の市町村では、降雨から災害発生に至る時間は短いことが多く、そのような多種多様な情報を整理するにあたって時間的ゆとりあるいは人員的ゆとりがないことが多い。また、いわゆる平成の大合併で市域が広がり、防災担当者一人あたりのカバー面積も 10 年前と比較して拡大しているため、災害時における現地の状況把握が困難になっている。また、市町村防災担当部局の多くは、担当人員が少ないうえ、必ずしも災害経験が豊富で防災に関する知識の詳しい者がいるとは限らない。そのため、災害が起こりそうな際に、防災担当者に対して災害軽減に役立つ情報を、迅速にかつわかりやすく提供する手法を確立する必要がある。

1.2 研究の目的と概要

以上の背景のもと本研究においては、一般的に災害経験が乏しく人員も少ない、かつ中山間地域の市町村の防災担当者・部局に対して、災害が起こりそうな際の防災・災害情報の効率的な収集・活用を支援する手法の開発を最終的な目標としている。平成 25 年度においては基礎調査として、近年洪水被害を受けた市町村と受けていない市町村それぞれの防災担当者に対してヒアリングを実施し、市町村の現状の防災体制と洪水時に重視している防災・災害情報について調査を行った。その結果、洪水時に重視している防災・災害情報としては「レーダーによる雨域・雨量強度情報」、「町内各地の状況がわかる動画・静止画」、および「上流のダム情報」であることが分かった。

この結果を受け、平成 26 年度においては、「レーダーによる雨域・雨量強度情報」と「上流のダム情報」をモデルに組み込んで氾濫計算が可能な降雨流出氾濫モデルについて、国内河川流域への適用可能性とリアルタイム氾濫予測システムへの実装が可能かの検討を行った。

2. 降雨流出氾濫モデル（RRI モデル）の概要

降雨流出氾濫モデル（以下 RRI モデルと表記）は、土木研究所 ICHARM が開発したモデルで、山地・平野を問わず流域全体をグリッドセルに分割し、降雨流出から洪水氾濫までを一体的に解析するモデルである（図 1）¹⁾。降雨流出モデル、河道追跡モデル、洪水氾濫モデルを一体

化することにより、低平デルタを含む広域の洪水現象を容易に再現できる長所を有する。また、計算結果を初期値として読み込んで逐次計算を進めることができるので、リアルタイムの洪水予測にも応用しやすい構造になっている。

3. 阿賀町における RRI モデルの構築

本研究の対象流域としては、近年大きな洪水被害が頻発している阿賀野川流域に位置する新潟県阿賀町を含む流域とした(図2)。解析範囲の最上端は豊実ダム、最下流は馬下水位観測所とした。

空間解像度については4種類(50m・100m・250m・500m各メッシュ)を検討した。メッシュ地盤高については、国土地理院発行の「基盤地図情報 数値標高モデル」のデータを用い、メッシュ内の平均値を採用した。土地利用については、国土交通省国土政策局国土情報課が公表する「国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ(平成21年度)」を使用し、「山地」とそれ以外の「平地」に

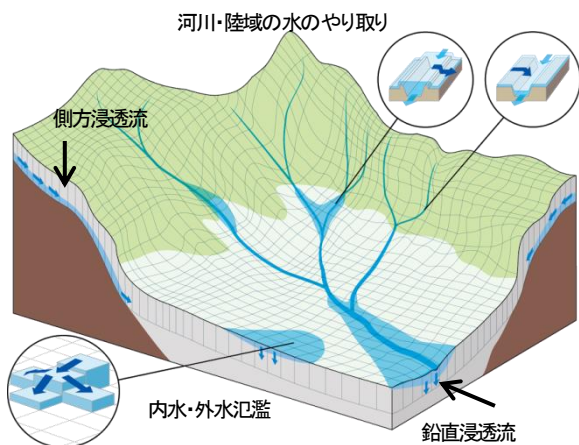


図1 RRIモデルの概要

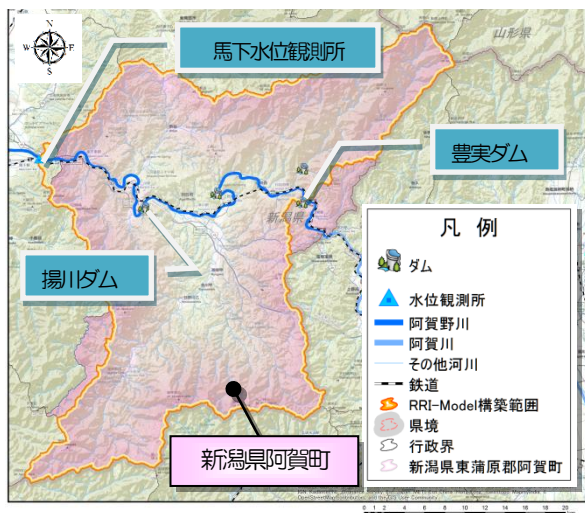


図2 本研究の対象流域(新潟県阿賀町)

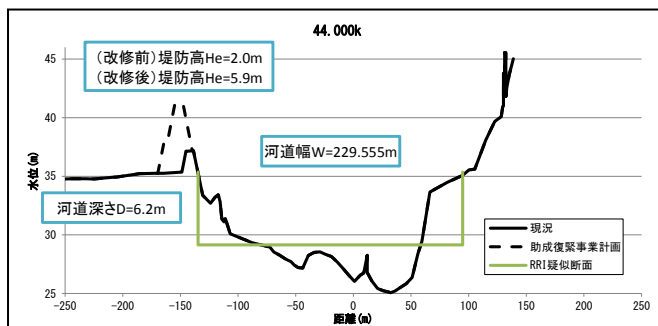


図3 河道形状のモデル化の例

分類した。土壌のデータソースについては、国土交通省国土政策局国土情報課発行の「50万分の1土地分類基本調査GISデータ(新潟県)」とし、土地利用の平地で、最も支配的な「グライ土壌」より、透水係数の小さい「Clay」の浸透パラメータを適用することとした。

河道幅W、河道深さD、堤防高Heについては、阿賀野川本川の最新の測量成果(平成23年測量)から、図3のように河道の流積が等しくなるように設定した。町内の支川については、主要3支川(常浪川・実川・新谷川)の平均的な河道形状係数を算出し、モデルに適用した。

本モデル構築範囲には3つの発電ダムが存在するため、各ダムの操作規則および実績データ(流入量、放流量、貯水位)を収集し、実際の洪水における防災操作を確認した。その結果、検討した洪水に対する各ダムの流入量と流出量については概ね等しいことが分かったため、本検討ではダムの取り扱いには流入量=放流量とした。なお、RRIモデル自体はダム操作も考慮できるモデルとなっている。

下流端水位は馬下水位観測所、上流端流量は豊実ダムの放流量を与えた。

入力降雨は、気象庁が提供する高解像降水ノウキャスト(30分先まで250mメッシュ、35分~60分先まで1kmメッシュ、5分毎、1時間先まで予測)の予測データを入力降雨として取り込めるようプログラムを作成した。

再現性の確認に利用した洪水としては、新潟県阿賀町において近年外水氾濫実績がある2洪水として、平成16年7月10日~19日と平成23年7月24日~8月2日までの洪水をそれぞれ対象とした。流量の再現性は、国土交通省および東北電力から得られた3地点(馬下水位観測所地点、揚川ダム地点、鹿瀬ダム地点)の流量データで検証した。また氾濫域の再現性は、平成16年洪水については阿賀町が公表しているハザードマップに記載されている氾濫実績図²⁾、平成23年洪水については新潟県がHPで公開している氾濫実績図³⁾でそれぞれ検証した。

4 適用結果

4.1 流量再現結果

図4に、馬下水位観測所地点、揚川ダム地点、鹿瀬ダム地点における、平成23年7月洪水の流量再現結果を示す。紙幅の都合上、空間解像度が250mのものを示す。モデルの適合度を示すNash係数はそれぞれ0.90、0.98、0.994であり、再現性は高い。ただし、馬下水位観測所においてはピーク流量が最大約2,000m³/s過小となっており、今後さらなる検証を行う必要がある。

4.2 氾濫域再現結果

図5に、同じく平成23年7月洪水の氾濫域再現結果を示す。本研究では当初、河道内のレーザープロファイラデータ（以下LPデータと表記）を利用してメッシュ平均地盤高を算出していたが、阿賀野川の河道幅（平均約200m）に比べて空間解像度の小さいメッシュ（100mメッシュや50mメッシュサイズ）では、平均地盤高が河床高に設定されてしまい、氾濫域が精度よく再現できなかった

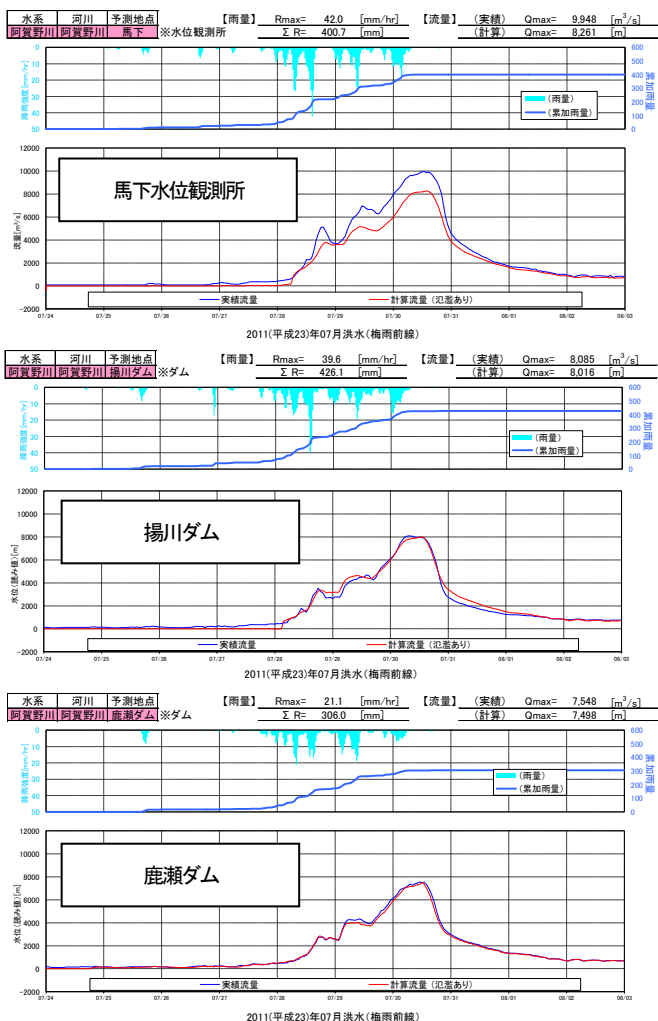


図4 RRIモデルによる流量再現結果

ため、本川の河道内のLPデータを部分的に除去して、残ったLPデータで不規則三角形網（Triangulated Irregular Network: TIN）を作成し、各三角形の重心の位置を地盤高として平均地盤高を再算出した結果、本川での浸水実績の再現性は向上した。一方、この影響で図5では支川（常浪川）に逆流現象が生じており、支川における再現性向上が課題である。

5.リアルタイム氾濫予測システムの要件検討

5.1 演算時間からの予測システム可能性検討

本項では、RRIモデルを用いた氾濫計算がリアルタイムでの氾濫域予測システムに実装可能かどうかについて、RRIモデルによる演算時間やシステムに必要な要件を整理・検討した。

現在、国土交通省が気象庁と共同で行う洪水予報は、洪水予測システムについては10分毎に6時間先まで予測計算を実施し、洪水予報文に用いる予測水位は3時間先までであることが多い。

また、気象庁で予測・公表されている降雨は、3種類（高解像度降水ナウキャスト、降水ナウキャスト、降水短時間予報）がある。本研究では市町村での利用を想定しており、現地での氾濫状況を精度よく予測するためには、氾濫再現域の空間解像度（メッシュサイズ）は細かく、降雨データは詳細かつ更新頻度が高い（現在・将来）必要がある。その反面、空間解像度や降雨データ情報が細かすぎると、モデルでの氾濫域計算に時間がかかり過ぎ、リアルタイムでの氾濫域予測に間に合わない可能性がある。

これらの背景のもと本項では、防災担当者が利用するスペック程度のパソコンでのRRIモデルの実際の演算時間をもとに、想定する予測先時間（6時間先まで、3時間先まで、1時間先まで）毎および、各メッシュサイズ（500m、250m、100m、50m）毎に、降雨データ受信から演算結果の

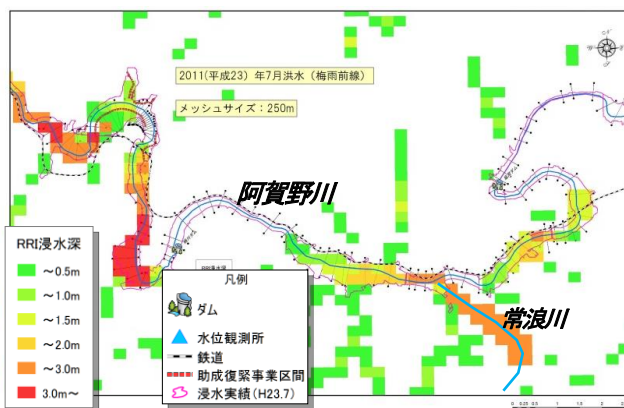


図5 RRIモデルによる氾濫域再現結果(250mメッシュ)

可視化にかかる時間を表1に整理した。表1では、配信時間間隔を60分とした場合を想定し、各メッシュごとに必要な時間が60分を超過するかないかで緑色と赤色で色分けし、リアルタイム予測に間に合うか否かを判定している。なお、全てのケースにおいて、降雨データ受信に3分、計算結果の可視化に1分要すると想定しそれらを合算した時間である。例えば、6時間先まで予測を行う場合、100mメッシュでは約30分、250mと500mメッシュで約5分で演算可能であるため、60分間隔の配信に間に合う。反面、50mメッシュでは、約190分~300分を要するため、予測が間に合わず、6時間先までのリアルタイム予測は成立しないことがわかった。

次年度においては、現地での効率的・効果的な災害対応にリアルタイムシステムをいかに活用するかについて、自治体の防災担当者と意見交換を行い、どの程度先まで予測すべきか、予測システムの配信頻度やシステム運用などシステムの詳細設定を決定していく予定である。

表1 予測先時間およびメッシュサイズ毎の
計算時間整理結果表

6hr先までの予測に要する時間(分)

	2004(H16)年7月洪水(梅雨前線)		2011(H23)年7月洪水(梅雨前線)	
	解析雨量	全国合成レーダー	解析雨量	全国合成レーダー
500mメッシュ [分]	5.3	5.3	5.2	5.3
250mメッシュ [分]	5.2	5.2	6.6	5.2
100mメッシュ [分]	29.9	29.9	29.9	29.9
50mメッシュ [分]	189.0	189.0	303.7	300.0

 :60分を超過
 :60分以内に可能

 データ受信: 3分
 可視化: 1分

3hr先までの予測に要する時間(分)

	2004(H16)年7月洪水(梅雨前線)		2011(H23)年7月洪水(梅雨前線)	
	解析雨量	全国合成レーダー	解析雨量	全国合成レーダー
500mメッシュ [分]	4.7	4.7	4.6	4.7
250mメッシュ [分]	4.6	4.6	5.4	4.6
100mメッシュ [分]	17.3	17.3	17.3	17.3
50mメッシュ [分]	99.0	99.0	157.9	156.0

 :60分を超過
 :60分以内に可能

 データ受信: 3分
 可視化: 1分

1hr先までの予測に要する時間(分)

	2004(H16)年7月洪水(梅雨前線)		2011(H23)年7月洪水(梅雨前線)	
	解析雨量	全国合成レーダー	解析雨量	全国合成レーダー
500mメッシュ [分]	4.3	4.3	4.3	4.3
250mメッシュ [分]	4.3	4.3	4.5	4.3
100mメッシュ [分]	8.9	8.9	8.9	8.9
50mメッシュ [分]	39.0	39.0	60.7	60.0

 :60分を超過
 :60分以内に可能

 データ受信: 3分
 可視化: 1分

5.2 リアルタイム予測システムの構成要素検討

本研究では最終成果として、RRI モデルを用いたリアルタイム予測システムのプロトタイプ構築を目指している。そのために必要となる一連の機能を図6にフローとして整理した。RRI は、前述の通り、降雨から流出解析と氾濫解析を一体に計算するプログラムであるが、このプログラムの入力条件となる降雨データの準備、計算後の計算結果の表示といった機能が必要となる。

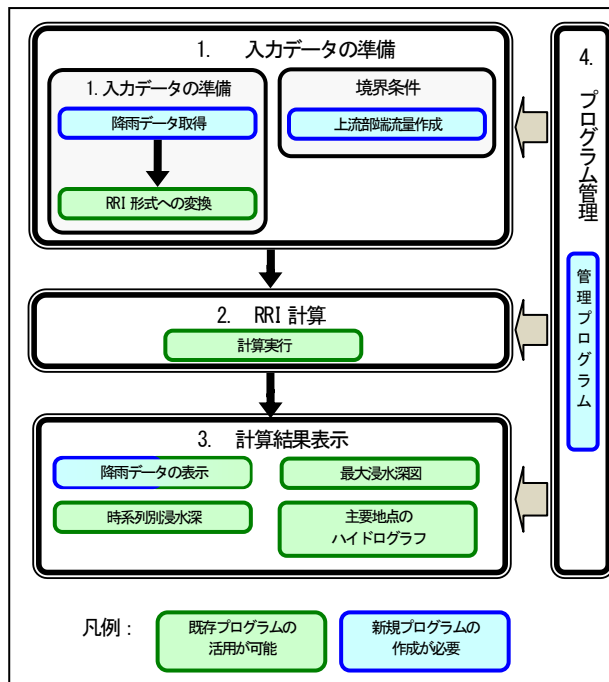


図6 リアルタイム氾濫域予測に必要な一連の機能

次年度においては、図6における青色部分の作成を行い、リアルタイム予測システムのプロトタイプの開発・検討を行う予定である。

6. まとめ

RRI モデルの国内流域への本格的な初の適用事例として、阿賀野川流域に位置する新潟県阿賀町を含む流域に適用して流量及び氾濫域の再現性を検証し、良好な結果を得た。今後は、現地市町村の防災担当者へのインタビューを重ねながら、洪水により社会的に重大な影響が懸念される地域を事前に特定して防災担当者がわかりやすく洪水リスクを理解する手法を開発するとともに、リアルタイムで氾濫域を予測するシステムのプロトタイプを構築する予定である。

謝辞：国土交通省北陸地方整備局阿賀野川河川事務所の皆様には、ダムデータを含む阿賀野川に関する各種データの提供のご協力を頂いた。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 佐山敬洋、岩見洋一：降雨流出氾濫(RRI)モデルの開発と応用、土木技術資料 56-6 (平成 24 年)
- 2) 阿賀町洪水・土砂災害ハザードマップ(平成 20 年 3 月作成)
- 3) 新潟県河川管理課：浸水実績図(平成 27 年 6 月 19 日閲覧)
<http://www.pref.niigata.lg.jp/kasenkanri/1356801298654.html>

Study on efficient utilization technic of disaster related information

Budget: Grants for operating expenses

General account

Research period : FY2013-2015

Research Team : Risk management

Author: SAWANO Hisaya

KURIBAYASHI Daisuke

SAYAMA Takahiro

KUDO Shun

Abstract : We conducted the first full-scale case study in Japan to test the Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) model, developed by the Public Works Research Institute, for its reproducibility of discharge and inundation area by applying it to a part of the Aganogawa River basin where Aga Town, Niigata Prefecture, is located. The study found a high reproducibility of the RRI model for the discharge of the July 2011 flood in the basin with a Nash-Sutcliffe efficiency coefficient of over 0.9 at the measurement points. Inundation area was re-calculated for higher accuracy by using a triangular irregular network. We first removed part of LP data of the main stream channel, the remaining of which was used to generate a triangular irregular network for the basin. The network was then used to re-calculate the basin's average ground level, assuming each triangle's center of gravity as the ground level of the location. This approach successfully improved the reproducibility of the model for inundation area. We also explored the applicability of the RRI model-based inundation analysis to real-time inundation forecasting by studying the model's calculation time and system requirements.

Key words : Inundation analysis, RRI model, Aganogawa River, Flood in July 2011