

10. 気候予測データに基づく災害シナリオ作成 ～自治体災害支援システムIDR4Mを活用した 避難情報の発令判断支援に向けて～

植村 郁彦^{1,2*}・鈴木 章弘²・石原 道秀²・米田 駿星^{2,3}・
星野 剛⁴・山本 太郎⁵・山田 朋人²

¹ (株) ドーコン 河川環境部 (〒060-0042 北海道札幌市中央区大通西10丁目4番地132南大通ビル東館)

² 北海道大学大学院工学研究院 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

³ (株) 建設技術研究所 北海道支社 河川室 (〒060-0003 北海道札幌市中央区北3条西3丁目1-6)

⁴ 土木研究所 寒地土木研究所 水環境保全チーム (〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3-1-34)

⁵ 一般財団法人 北海道河川財団 (〒060-0807 北海道札幌市北区北7条西4丁目5-1)

* E-mail: fu1747@docon.jp

近年、これまで経験のない規模の降雨が各地で発生している。人的被害の軽減には、避難情報の的確な発令が重要となる。今後、災害経験が乏しい地域で避難情報の発令判断に直面することや災害常襲地域でも未経験の災害への対応が想定される。この問題の解決策として、気候予測データに基づく災害シナリオを活用した訓練や演習が有効と考えられる。本研究は気候予測データに基づく災害シナリオを活用した避難訓練や防災対応演習の手法の確立、それを通じた自治体の防災対応力の向上効果検証が目的である。本稿では、大量アンサンブル気候予測データから選定した降雨を用いた災害シナリオ作成手法を示すととも、災害シナリオを自治体災害支援システムIDR4Mで表示した結果を示した。

Key Words : *Climate projection data, Flood scenario, Evacuation, Decision making*

1. はじめに

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第6次評価報告書では、気候変動の進行とともに極端な異常気象の頻度の増加が指摘されている。近年我が国においてもこれまでに経験のない規模の降雨が各地で発生し、土砂災害や家屋浸水により数多くの人的被害が発生している。

自然災害リスクはハザード、暴露、脆弱性の3つの要素で構成されている¹⁾。水害における人的被害リスクの最小化に向けて、各要素に対する低減策が求められる。ハザードに対しては地球温暖化に資するアンサンブル気候予測データベース (d4PDF) を用いて将来気候における確率雨量が示され²⁾、「気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会」から気候変動を考慮した治水計画への見直しが提言され、2°C上昇を想定する場合、降雨外力を現在の1.1～1.15倍とすることが明示された³⁾。暴露

及び脆弱性の低減策として、適切なタイミング、エリアへの避難情報の発令、確実な避難の実施が挙げられる。これらの方策を推進する上での問題として、気候変動による降雨外力の増大により、これまで災害対応経験が乏しい地域においても避難情報の発令判断に迫られる状況が想定される。また、災害常襲地域であっても、気候変動による降雨の時空間分布の変化により、これまで未経験の災害への対応が必要となる。これらの問題に対する解決策の一つとして、気候予測データに基づく災害シナリオを活用し、避難訓練や防災対応演習を実施することが有効と考えられる。以上を踏まえ、本研究は気候予測データに基づく災害シナリオを活用した避難訓練や避難情報の発令判断の演習手法を確立し、それを通じた自治体の防災対応力の向上効果を検証することを目的としている。

本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議

が統括する第2期戦略的イノベーション創造プログラム国家レジリエンス(防災・減災)の強化(SIP国家レジリエンス)のうち、市町村災害対応支援統合システム(IDR4M)の開発として、北海道大学を中心とした産官学の治水及び防災分野の研究・協力機関の協働による、IDR4Mの社会実装に向けた実証実験の中で進められたものである。

IDR4Mは災害対応時の自治体の避難情報の発令判断を支援するシステム⁴⁾であり、九州大学を中心とした研究機関により開発が進められている。IDR4Mの特徴は、リアルタイムの情報が提供される“通常モード”に加えて、システムの様々な調整を目的とした“学習モード”が存在する点である。学習モードでは、既往の出水時の気象状況・河川水位などを予めIDR4Mに格納することで、過去の災害時の対応の振り返りやそれらを想定した訓練への活用が可能となる。

現在、IDR4Mの学習モードを活用した避難訓練の実施に向け、北海道十勝管内の協力自治体との防災対応に関する意見交換や演習が継続的に実施されている。こちらの詳細については、鈴木らの報告⁵⁾を参照されたい。本稿では、気候予測データに基づく災害シナリオの作成手法を示すとともに、作成した災害シナリオをIDR4M上で表示した結果について報告する。

2. 災害シナリオの作成

(1) 対象地域

北海道東部に位置する帯広市街地を対象とした(図-1)。帯広市は、北海道におけるIDR4Mの実証実験のモデル地域の一つである。人口は約16万人である。帯広市街地は国直轄管理河川である十勝川と札内川の合流点付近に位置している。市街地内を帯広川や新帯広川といった中小河川が流下している。当該地域では、平成28年8月において前線と台風10号による降雨により、内水氾濫の発生及び十勝川・札内川での水位上昇に伴い、避難指示が発令された実績がある。

(2) 降雨シナリオの選定

降雨シナリオは、d4PDFが提供する領域20kmモデル(以下、RCM20)を用いて、領域5kmモデル(以下、RCM5)に力学的ダウンスケーリングされたモデル出力値から選定した。RCM5は、平成29年度地球シミュレータ特別推進課題(成果創出加速)のうち、「北海道における気候変動による洪水リスク変化の評価」で作成されたモデル⁷⁾である。RCM20は、過去実験60年(1951～2010)×50メンバの合計3000年、4°C昇温時を想定した将来実験60年(RCP8.5シナリオ2090年相当)×海面水温6パ

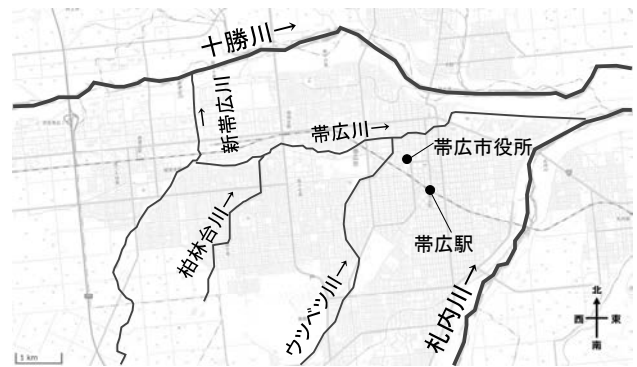


図-1 対象地域の概要

ターン×15メンバの合計5400年分の実験データを有している。力学的ダウンスケーリングは、RCM20における各年の最大降雨の発生期間を対象にダウンスケーリングが実施されており、RCM5は過去実験で3000事例、4°C昇温を想定した将来実験で5400事例の年最大降雨のデータセットとなっている。このデータセットの中から、災害シナリオの作成対象とする降雨事例として、将来実験の海面水温パターンがMIROC5 (MI)、アンサンブルメンバーがm103、実験年が2056年の降雨(ケース名: HFB_MI_m103_2056)を選定した。当該ケースは、台風による降雨イベントであり、その経路が平成28年に北海道に上陸した台風10号と類似のケースである。

(3) 河川水位及び氾濫データの作成

選定した降雨シナリオに基づき、河川水位データと氾濫(浸水深)データを作成した。他河川での災害シナリオ作成や複数の災害シナリオの作成が容易に行える手法の検証に重点を置き、各データの作成手法は河川計画策定や浸水想定区域図作成にあたり構築された既存のモデルを活用する方法としている。以下に各データの作成方法を示す。

a) 河川水位データ

河川水位データは、降雨シナリオが有する降雨量データを入力値とした流出解析に基づき作成した。流出解析は木村の貯留関数法を用いた。流出モデルは、対象流域をいくつかの小流域に分割した流域モデルと河道モデルから構築されている。流出モデルへの入力値は、選定した降雨シナリオ(HFB_MI_m103_2056)が有する降雨量データを流域モデルの小流域毎の流域平均値として整理したものとした。流出解析により算出された時系列流量データをH-Q式により水位に換算し、時系列の河川水位データを作成した。河川水位データの整理地点は、十勝川及び札内川が帯広市街地と隣接して流下する区間のうち、水位流量観測所が設置されている十勝川帯広地点(KP56.70)及び芽室太地点(KP71.10)、札内川札内地点(KP4.00)とした。流出モデル及びH-Q関係式は、国土交

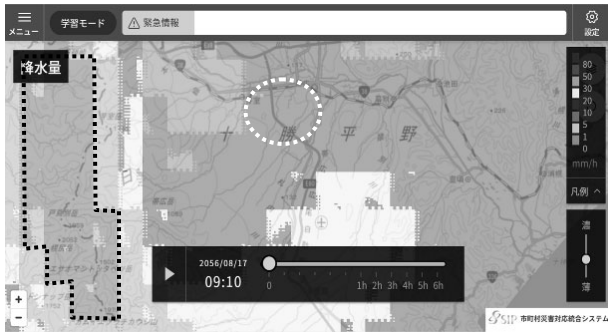


図-2 降雨データの表示結果

通省北海道開発局帯広開発建設部より提供されたものを使用した。

b) 氾濫データ

氾濫データは、降雨シナリオが有する降雨及び前項で整理した河川流量データを入力値とした氾濫解析に基づき作成した。氾濫解析の対象河川は、十勝川及び札内川に加えて、市街地内部を流下する帯広川、新帯広川とした。

十勝川及び札内川の氾濫解析モデルは、河川流量・水位を算定する河道モデル、河道内から堤内地の氾濫流量を算定する越水・決壊モデル、堤内地での氾濫流を計算する氾濫原モデルで構築されている。河道モデルでは区間上流端に前項で算出した時系列流量データを入力値とし、一次元不定流解析により約200m間隔での水位を算定した。水位が破堤条件に達した地点を対象に、越水・決壊モデルにより氾濫流量を算定した。横越流公式は、栗城等の式を用いている。氾濫原モデルは破堤点からの氾濫流量に基づき、平面二次元不定流解析により堤内地における浸水深を算出した。氾濫原モデルの水平解像度は100mである。本モデルは、国土交通省北海道開発局帯広開発建設部より提供を受けたものであり、洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）⁹⁾に従って作成されたものである。

帯広川及び新帯広川の氾濫解析には、河川氾濫シミュレーションソフト iRIC (International River Interface Cooperative)の氾濫流の解析が可能なソルバーNays2DFloodを用いた。上流端の境界条件は、各河川における整備計画規模の降雨量における流量ハイドロとした。モデルの水平解像度は10mである。本モデルは、北海道十勝総合振興局帯広建設管理部より提供を受けたものである。

氾濫解析により得られた時系列の浸水深データは、IDR4Mの洪水ハザードの表示メッシュにGISソフト上で投影し、水平解像度250mのデータとして整理した。IDR4M上の浸水深は、氾濫解析モデルのメッシュの占有面積による加重平均値とした。また、各河川、破堤地点別の氾濫解析結果の重ね合わせを行い、浸水深の最大値

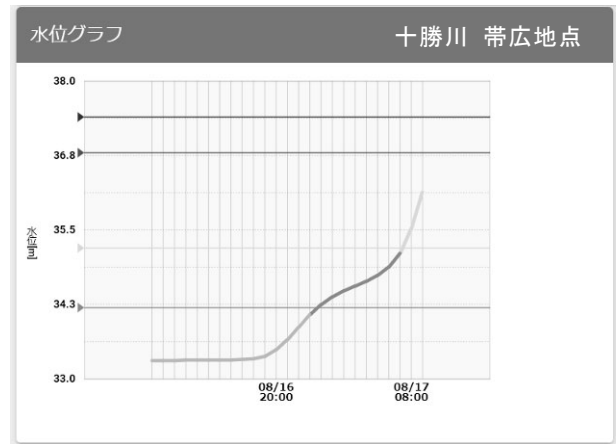


図-3 河川水位データの表示結果

を氾濫データとして整理した。

3. IDR4Mでの災害シナリオの表示結果

作成した災害シナリオは所定のデータ形式に変換し、IDR4Mに格納した。IDR4MはWEBブラウザで操作・閲覧ができる仕様となっている。以下に、災害シナリオとして整理した各データをWEBブラウザ(Google Chrome)で表示させた結果を示す。

(1) 降雨データ

降雨シナリオにおける2056年8月17日9:00時点の降雨分布を図-2に示す。図-2より、帯広市街地では5～10mm/h程度(図中、白点線範囲)、日高山脈沿いでは30～50mm/h(図中、黒点線範囲)の降雨となっている。IDR4Mでは現在時刻から6時間先までの情報が表示される仕様となっている。リアルタイムの情報を示す通常モードでは、1時間先までは高解像度降水ナウキャスト(水平解像度250m)、その後の6時間先までは降水短時間予報(水平解像度1km)が表示される。

(2) 河川水位データ

流出解析に基づき整理した十勝川帯広観測所地点における水位グラフを図-3に示す。図-3は縦軸が水位(m)、横軸は時間(h)であり、2056年8月17日9:00時点までの水位の経過を示している。リアルタイムの情報を示す通常モードでは、国土交通省が管理する川の防災情報で公開されている河川水位の情報が表示される。

(3) 氾濫データ

氾濫解析に基づき整理した帯広市街地周辺における洪水ハザードを図-4に示す。図-4は、2056年8月17日9:00を現在時刻とし、その後の3時間先、6時間先の洪水ハザード

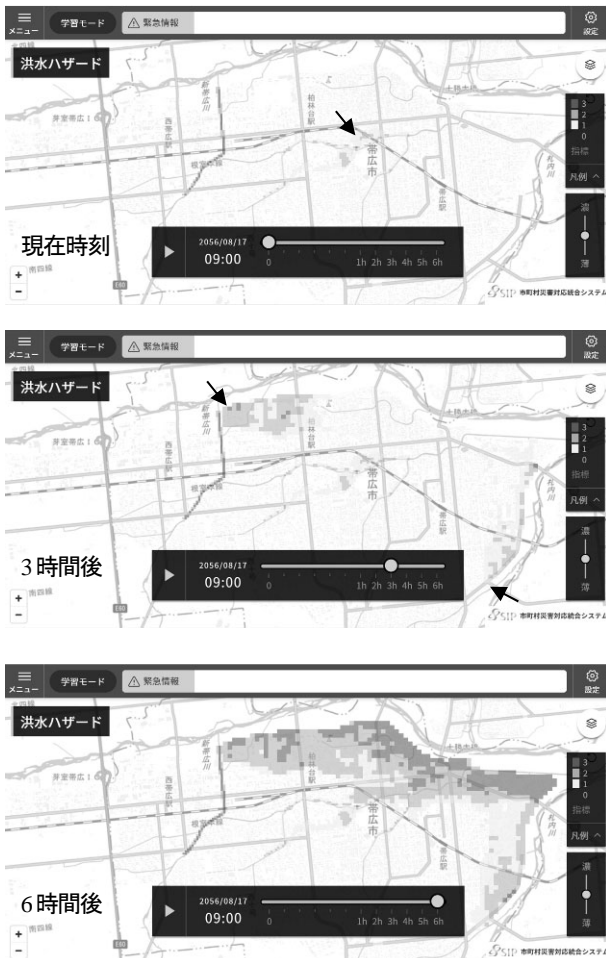


図4 氾濫データの表示結果

ドを表示したものである。現在時刻では、帯広川周辺で氾濫が発生（図中、矢印）しており、その3時間後では十勝川、札内川の一部地点で堤防決壊による氾濫が発生している（図中、矢印）。その6時間後ではさらに多くの地点で破堤し、氾濫が広範囲となる状況が確認できる。リアルタイムの情報を示す通常モードでは、現状及び今後の河川水位予測から破堤リスクが高い地点を破堤地点として選定し、既存の浸水想定区域図や地形などからAI予測により浸水深や氾濫範囲が表示される。

(4) 地域の脆弱性

IDR4Mでは、対象地域のシステム構築時に予め地域の脆弱性が設定されている。図-5は帯広市における地域の脆弱性を表示したものである。地域の脆弱性は各メッシュにおける高齢者等の情報を加えた居住者数、避難所からの距離に基づき算出されている。

(5) リスク情報

IDR4Mでは、洪水ハザードと地域の脆弱性に基づき災害の発生リスクが提供される。図-6は、2056年8月17日9:00を現在時刻とし、その後の6時間先の災害発生リスクを表示したものである。十勝川近傍や十勝川と札内川



図5 地域の脆弱性の表示結果

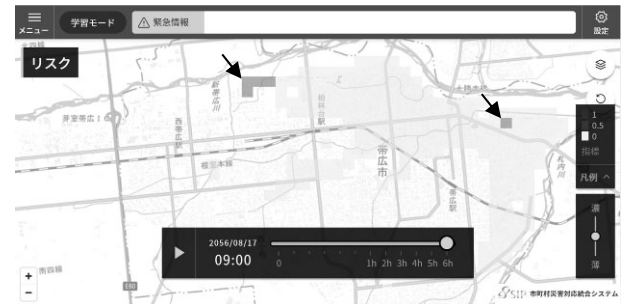


図6 災害発生リスクの表示結果



図7 判断支援情報の表示結果

の合流点付近で災害発生リスクの高いメッシュ（図中、矢印）が確認できる。

(6) 判断支援情報

IDR4Mから提供される避難情報の発令に関する判断支援の情報を図-7に示す。図-7は、2056年8月17日9:00を現在時刻とし、その後の6時間先の避難判断情報を表示したものである。判断支援の情報は、リスク情報に基づき算定され、“避難”、“準備”、“注意”の3段階の指標で提供される。また、情報は対象の自治体の避難情報の発令地区単位で提供される。図-7では、一部の地区で避難の準備を促す、判断支援情報が表示されている。

4. 災害シナリオの活用に向けた取り組み状況

2022年6月に北海道十勝管内の協力自治体の防災担当者と、IDR4Mを活用した避難判断支援の社会実装に向け

た意見交換を行った。これまでの避難訓練に実施状況に関して、ある自治体では防災担当者が過去の大雨や地震の事例を参考に災害シナリオを作成し、避難訓練を実施しているとのことであった。一方、この場合未経験の事象に対して対応可能かが不安であるとの意見が聞かれた。これに対し、本研究で作成した気候予測データに基づく災害シナリオをIDR4M上で提示し、これまで経験したことのない災害や様々な降雨シナリオを想定した避難情報の発令判断のシミュレーションが可能となる点を説明した。各自治体からは、IDR4Mを活用した訓練・演習に期待する意見が得られた。

今後、気候予測データに基づく災害シナリオを活用した災害対応演習や避難訓練等を協力自治体と進め、災害シナリオを活用した訓練・演習手法の確立、自治体の防災対応力の向上効果の検証を行っていく。

5. まとめ

本稿では、大量アンサンブルデータ気候予測データから選定した降雨シナリオに基づいた災害シナリオの作成手法及び自治体災害支援システムIDR4Mでの災害シナリオの表示結果を示した。最後に、本稿における成果を以下に列挙する。

- ・大量アンサンブル気候予測データから降雨シナリオを選定し、物理計算に基づいた流出・氾濫現象のデータ化を行い、降雨—流出—氾濫まで一貫した災害シナリオを作成した。

- ・災害シナリオ作成手法は、他河川への展開や多数シナリオ作成への対応に重点を置き、既往モデルや計算結果を活用できる手法を採用した。

気候予測データに基づく災害シナリオは、訓練・演習を通じた自治体の防災対応力向上に加え、地域の水害リスクの認知向上、住民のマイ・タイムラインのシナリオへの活用等への発展期待される。また、被害の減少・軽減といった点で、現在国土交通省が取り組む流域治水の

推進にも貢献するものと考えられる。

謝辞：本研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」(管理法人：国立研究開発法人防災科学技術研究所)によって実施された。また、本研究の遂行にあたり、国土交通省北海道開発局、北海道十勝総合振興局帯広建設管理部よりデータの提供を受けた。ここに記し、謝意を表す。

参考文献

- 1) IPCC (2014) Climate Change 2014. Impacts, Adaptation and Vulnerability
- 2) 舛屋繁和ら：実河川流域における大量アンサンブル気候予測データに基づく不確実性を考慮した将来気候下での確率雨量, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol74, No.5, pp.I_121-I_126, 2018.
- 3) 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会.
(https://www.mlit.go.jp/river/shimgikai_blog/chisui_kentoukai/index.html)
- 4) 三谷泰浩：新たな防災情報システムの革新的技術開発に向けて, 土木構造・材料論文集, Vol.37, 2021.
- 5) 鈴木章弘ら：北海道十勝地域におけるアンサンブル気候予測情報を活用した緊急時対応に向けた取り組み, 土木学会北海道支部論文報告集, 第78号, B-34, 2022.
- 6) 鈴木章弘ら (in press)：起こりうる大雨災害を想定した自治体の避難に関する発令判断の支援に向けた事前の防災演習, 地球環境シンポジウム講演集, 第30巻, 2022.
- 7) 山田朋人ら：北海道における気候変動に伴う洪水外力の変化, 河川技術論文集, 第24巻, pp.391-396, 2018.
- 8) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室, 国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室, 洪水浸水想定区域図作成マニュアル (第4版), 2017.