

パターンマッチング処理を用いた土砂・洪水氾濫予測モデルの構築

いであ株式会社 ○樋田祥久, 岡村誠司, 越智尊晴, 三浦裕司, 矢沼伸行, 関根亮, 小林雄介, 滝口大樹, 小澤宏二

1. はじめに

近年, 中山間地での複数の斜面崩壊・土石流と, それに伴う下流域での土砂・洪水氾濫の発生により, 甚大かつ広域な被害が頻発している. 洪水や土砂災害の予報のあり方については, 国の検討会において, 官民が連携した予測技術の更なる高度化を進めるべきと提言され, 特に土砂災害予報にあつては, 新たな研究・開発状況の有効性の確認やそれを踏まえた技術導入の検討等に取り組むべきとされている. こうした背景を踏まえ, 本研究は降雨予測と連動させた土砂・洪水氾濫予測モデルを構築することを目的としたものであり, 本稿では計算負荷の削減とリアルタイム予測を可能とする処理手法として, 予めデータベース化した模擬降雨による計算結果と予測降雨による計算結果のパターンマッチング処理による予測精度の適用性について述べる.

2. リアルタイム土砂洪水氾濫モデルの構成

リアルタイムの土砂・洪水氾濫の予測計算は, 避難情報として有益なリードタイムを確保するため, 実績雨量と予測雨量が 10 分ピッチで入手できる現状を踏まえ, 予測計算結果が 10 分以内に表示可能なモデルを構築するものとした.

一方, 平面二次元土砂・洪水氾濫の計算時間はメッシュ数に依存するが, 浸水域や堆積深の再現精度を考えるとメッシュサイズを小さくする必要があり, 広範囲の計算を実施する際は計算負荷が大きく, リアルタイムでの計算が時間内に終了しない.

そこで, モデルの構成は, 図-1 に示すように一次元河床変動計算まではリアルタイムで計算し, 二次元計算結果はデータベース (事前に多数のシミュレーションを実施) から抽出するものとした.

3. パターンマッチング処理の予測精度検証

筆者らは従前の研究において, 平成 30 年 7 月西日本豪雨下の総頭川流域 (広島県坂町) を対象として, XRAIN の 10 分間雨量を外力条件とし, セル分布型降雨流出モデル (25m メッシュ) による流量, および一次元河床変動モデルによる土石流流出量を境界条件として, 総頭川下流域の二次元土砂・洪水氾濫計算 (5m メッシュ) を行い, 再現性を確認し, シミュレーションの有効性を示した²⁾. (図-2, 図-3) 上記モデルを活用して総頭川流域を対象としたパターンマッチング処理による予測精度の検証を行う.

3.1 対象洪水の選定

対象洪水は, 総頭川流域で発生しうる洪水として, 1km メッシュのレーダ雨量が存在する 2006 年~2019 年までに発生した洪水から, 様々な降雨要因, 降雨分布, 降雨波形となるよう 10 降雨波形を選定した (表-1). また, 選定した降雨波形を 0.1 倍~想定最大規模相当まで引伸ばして対象洪水とした (186 洪水). さらに, 未経験洪水や気候変動の影響を考慮して将来土砂災害が発生すると想定される洪水への対応として, d4PDF の過去実験及び将来 2℃上昇実験の降雨データから 71 洪水を追加し, 計 267 洪水を選定した. なお, d4PDF は, 崩壊の実績が確認された H28.6 降雨時の土壌雨量指数 166 以上となる洪水を対象とした.

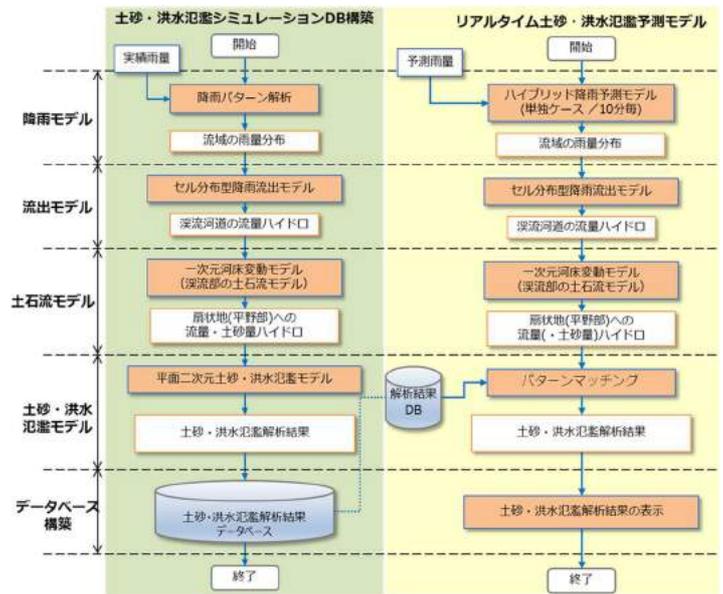


図-1 リアルタイム土砂・洪水氾濫計算モデルのフロー

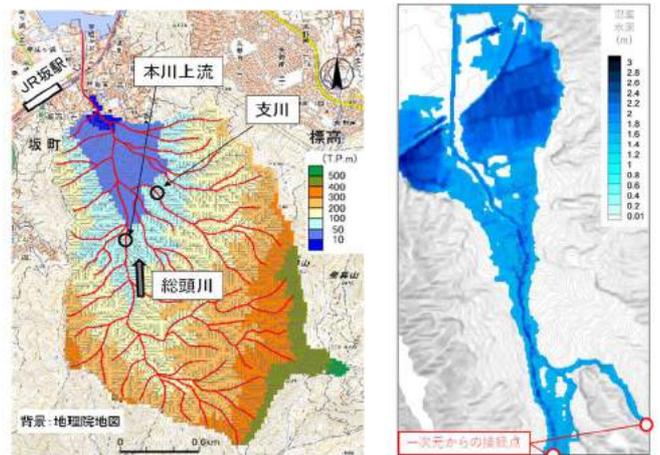


図-2 総頭川流域の落水線網 図-3 最大氾濫水深 (セル分布型降雨流出モデル) (二次元土砂・洪水氾濫計算)

表-1 対象洪水波形

発生年	開始日	終了日	最大時間雨量	累加雨量	土壌雨量指数	崩壊発生	降雨要因	洪水発生月	降雨の特徴	降雨分布	降雨波形
2009	7/20	7/21	26	191	129	-	前線	7月	平野部	2山	前方集中
2009	7/24	7/27	44	203	136	-	前線+低気圧	7月	山地部	前方集中	中央集中
2010	6/25	6/28	23	170	108	-	前線+低気圧	6月	平野部	2山	前方集中
2010	7/11	7/15	38	289	184	-	前線+低気圧	7月	フラット	2山	散発的
2013	8/24	8/26	35	165	114	-	前線+低気圧	8月	フラット	2山	前方集中
2013	9/1	9/4	28	220	145	-	台風	9月	フラット	2山	前方集中
2013	10/23	10/25	12	181	112	-	前線+台風	10月	平野部	フラット	後方集中
2014	8/5	8/6	27	122	124	-	環流	8月	フラット	後方集中	3山
2016	6/19	6/24	41	345	166	O	前線+低気圧	6月	山地部	3山	3山
2018	7/5	7/8	62	560	259	O	前線	7月	フラット	3山	3山

3.2 一次元河床変動計算結果と平面二次元土砂・洪水氾濫計算結果の関係性の分析

一次元河床変動計算結果と平面二次元土砂・洪水氾濫計算のマッチングにあたり、両者の計算結果の関係性を分析した。

一次元河床変動計算結果の各地点（図-2における本川上流と支川，河口部）におけるピーク流量，総流出量，総流出土砂量の各指標に対して，二次元土砂・洪水氾濫計算の浸水面積（河道域も含む）と土砂堆積量について分析し，比較的高い相関関係が見られた本川上流の結果を図-4に示す。なお，赤色はH30西日本豪雨のケースである。

この結果によると，浸水面積は，総流出土砂量が25千 m^3 程度より大きくなると急激に増加することと，ピーク流量と高い相関関係があることがわかった。以上の分析結果より，総流出土砂量が25千 m^3 を超えた際に氾濫したと見なしてマッチング処理を行うものとし，マッチングの評価指標は流量とすることとした。

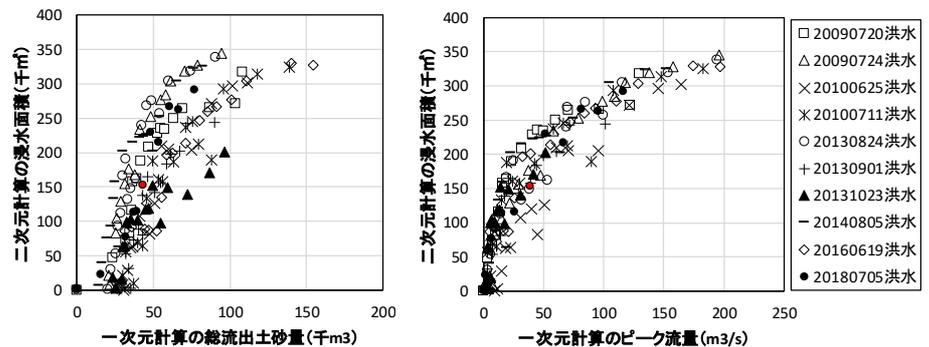


図-4 一次元河床変動計算結果と平面二次元土砂・洪水氾濫計算結果の関係性

3.3 パターンマッチングの適用性評価

パターンマッチングは，有意な河床変動が発生する10 m^3/s 以上からピーク流量までの流量ハイドログラフを評価対象とし，Nash-Sutcliffe係数（以降NS係数と呼ぶ）が最も高い洪水を抽出するものとした。適用性の評価は，西日本豪雨（降雨倍率1.0倍，1.4倍，1.8倍）を対象洪水とし，この洪水波形以外の洪水から抽出するものとした。

パターンマッチングの評価結果は，表-2に示すとおり，NS係数は0.07～0.21程度となった。また，最大浸水面積の誤差率は4%～18%であり，規模が大きいと誤差が小さくなる傾向が見られた。一次元の流量ハイドログラフは図-5に示すとおり，流量が同程度の洪水が抽出されており，整合性が高いと言える。

表-2 パターンマッチングの評価結果

対象洪水		マッチング洪水		一次元計算	二次元計算
洪水名	最大浸水面積(m^2)	洪水名	最大浸水面積(m^2)	NS係数	浸水面積の誤差率
2018/7/5洪水 (降雨倍率1.0倍)	153,675	2010/6/25洪水 (降雨倍率3.0倍)	126,000	0.21	18%
2018/7/5洪水 (降雨倍率1.4倍)	215,600	2010/6/25洪水 (降雨倍率4.0倍)	204,725	0.17	5%
2018/7/5洪水 (降雨倍率1.8倍)	262,100	2010/6/25洪水 (降雨倍率6.0倍)	271,525	0.07	4%

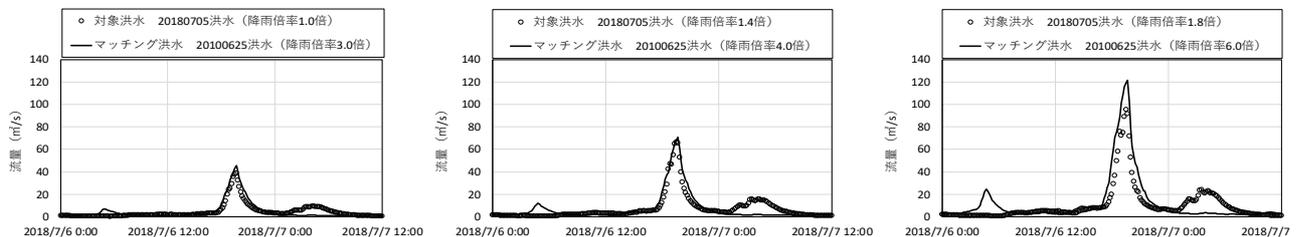


図-5 対象洪水とマッチング洪水の流量ハイドログラフ（本川上流地点）

4. まとめと今後の展開

本研究では，降雨予測と連動させたリアルタイムでの土砂・洪水氾濫予測モデルを構築するため，計算負荷の削減とリアルタイム予測を可能とする処理手法として，予めデータベース化した模擬降雨による計算結果と予測降雨による計算結果のパターンマッチング処理による予測精度の適用性を評価した。これにより平成30年7月西日本豪雨下の総頭川流域（広島県坂町）における再現性を確認し，パターンマッチング処理の有効性を示した。本モデルは，中山間地での土砂流出と洪水氾濫に対する住民の主体的避難の促進，行政の危機管理対応の的確な判断に資する有効なツールとして活用できる。

総頭川流域では浸水面積とピーク流量に有意な関係性が見られたため流量で評価したが，流出土砂量による評価が適当な流域もあると考えられる。今後は，他流域やより広範囲での適用性について研究を進める予定である。

謝辞 XRAINについては国土交通省より，d4PDF(5km)は文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)により提供されたものであり，それぞれ，文部科学省の委託事業により開発・運用されているデータ統合解析システム(DIAS)の下で，収集・提供されたものである。土石流を含む一次元河床変動モデルについて，立命館大学理工学部里深教授よりプログラムの提供と指導をいただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 洪水及び土砂災害の予報のあり方に関する検討会（報告書），洪水及び土砂災害の予報のあり方に関する検討会，2021.10
- 2) 加藤陽平ら：西日本豪雨災害（広島県坂町）における土砂・洪水氾濫モデルの適用，砂防学会研究発表会概要集 85-86,2020.
- 3) 広島大学 平成30年7月豪雨災害調査団：平成30年7月豪雨による広島県の斜面崩壊の詳細分布図（第二報），2019.6