

千種川流域を対象にした RRI モデルによる降雨流出・洪水氾濫統合型解析  
 Integrated Analysis of Rainfall-Runoff and Flood inundation by the RRI Model in the Chikusa River Basin

○山本 浩大・佐山 敬洋・寶 馨・近者 敦彦・中村 要介  
 ○K. Yamamoto, T. Sayama, K. Takara, A. Konja and Y. Nakamura

Floods and inundation events occur more frequently in small and intermediate rivers due to localized and severe rainfall. To mitigate the disaster, it is important to predict flood and inundation. The objective of study is to calibrate and validate the Rainfall-Runoff-Inundation model at the Chikusa river basin using radar observation data and cross section data covering most of the rivers at the entire basin. The results show that the RRI estimated the discharge, water level and maximum inundation extent at high accuracy. The peak discharge and water level are in good agreement at the Enkoji gauging station. At the Sayo town hall, the relative error of inundation depth is 2.8 %. In conclusion, the RRI is capable of simulating flood events at the river basin scale.

### 1. はじめに

近年、局所的な豪雨の影響により、中小河川で洪水及び氾濫が頻繁に発生している。2009年8月の台風9号により、兵庫県千種川流域に位置する佐用川では、広範囲で外水氾濫が発生した。また、局所的な降雨による内水氾濫の発生や山地からの降雨流出や支川からの流出が重なり、広範囲で甚大な被害を及ぼした。

流域の各地に広がる洪水氾濫被害への対策として、洪水予測システムが重要である。既存の洪水予測システムには、分布型降雨流出モデルが使用されているが、そのほとんどが河川水位と河川流量を予測するものであり、氾濫の予測をするものではない。一方で、既存の氾濫モデルの多くは、上流の河川流量や水位を境界条件とし、実時間での予測は難しい。そのため、流域スケールの降雨流出過程を考慮した氾濫モデルを適用することが、現実的であり、重要である。

降雨流出氾濫モデル (RRI モデル) は、これまで主として、アジアの大規模洪水氾濫に適用されてきた。大規模な洪水氾濫解析では、衛星による地形情報や河川断面を表現するために経験式を用いているが、RRI モデルは、河川断面データやダムなどの入力データに敏感に反応するため任意断面などの現地情報を反映し、モデルの精度を検証することが重要である。本研究は、千種川流域を対象に RRI モデルを適用し、その結果を検証する。

### 2. 計算条件

近年の千種川で発生した洪水を再現するために、表1の洪水を対象に RRI モデルを用い、計算結果を検証する。RRI モデルは、2次元の水文物理モデルであり、流域一体で降雨流出と氾濫過程を表現できる。

解析範囲は、千種川全領域とし、降雨は、気象庁が、毎30分ごとに発表している解析雨量 (2004年：解像度約2.5 km、2009年：解像度約1 km) を使用した。地盤条件と落水線は、国土数値情報が公開している数値標高モデルを用い、解像度100mのモデルを構築した。土地利用は、森林と平地の2種類に分け計算した。高精度で、河川水位及び氾濫現象を再現するために、57河川における兵庫県提供の100 m ~ 1 km 区間での任意断面データをもとに、深さ、幅と堤防高さを算出した。初期水位は、洪水前の約1ヶ月間の計算によって推定した。短期間の洪水を対象にしているため、本研究では蒸発散の影響は無視できると仮定した。

表 1 再現対象とした洪水

	対象洪水	再現期間
No.1	平成 16 年 9 月 洪水	9 月 24 日 0:30 - 10 月 1 日 0:00
	台風第 21 号	
No.2	平成 21 年 8 月 洪水	8 月 8 日 00:00 - 8 月 13 日 23:30
	台風第 9 号	

表 2 決定したモデルパラメーターの値

RRI Model					
$nr$ ( $m^{-1/3}s$ )	$ns$ ( $m^{-1/3}s$ )	$k_a$ (m/s)	$\beta = k_a/k_m$	$d_a$ (m)	$d_m$ (m)
0.03	0.3	0.4	4	0.4	0.1
Green-Ampt Model					
$k_v$ (m/s)	$\phi$	$S_f$ (m)			
0.000000833	0.398	0.2185			

3. 結果

佐用川流域の下流端に位置する円光寺水位観測所における計算流量を図 1 に示す。観測流量と比較して、洪水の立ち上がりは、やや過大評価であるが、ピーク付近の波形は、洪水の再現性が高い結果となった。

次に、同観測所の計算水位を図 2 に示す。洪水の立ち上がりは、1 m 以上過大評価をしているが、ピーク時の波形は再現性が高い結果となった。

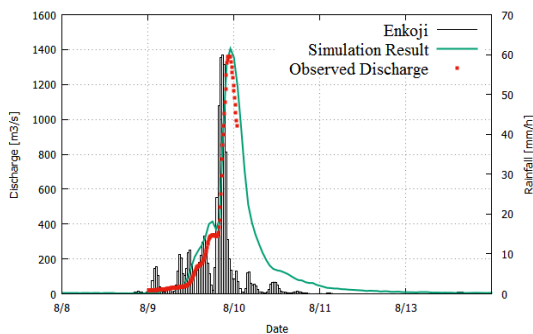


図 1 円光寺水位観測所における観測流量と計算流量の比較

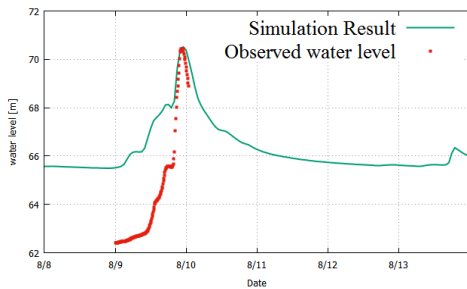


図 2 観測水位と計算水位の比較

図 3 に、都市部における氾濫被害の再現例として、佐用町周辺の再現結果を示す。図は、洪水期間中の最大浸水深分布である。兵庫県提供の浸水実績範囲と比較すると、本川から離れた都市部では、過小評価が見られるが、浸水範囲は非常に再現性が高い結果となった。また、佐用町役場では、計算された浸水深が約 1 m (相対誤差: 2.8%) となり、非常に再現性が高い結果となった。また、表 3 より、浸水の始まりで、一致しており、ピーク時は、実際の浸水状況より、少なくとも 22 時以

降であり、RRI の再現性が高い結果となった。

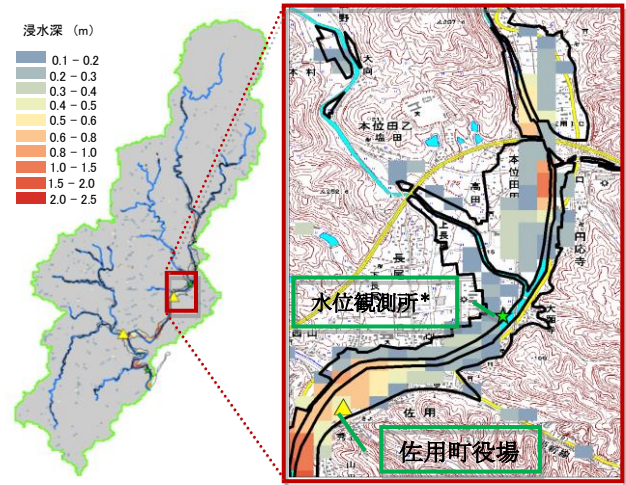


図 3 佐用川流域と氾濫の再現性 (太線: 浸水実績) 1:1200 地図 (ArcGIS より作成)

表 3 浸水深の時系列結果の比較

	始まり	浸水深のピーク
シミュレーション	8/9 21:00 ~	8/9 23:00 以降
実際の浸水状況	8/9 21:20 佐用町役場浸水	8/9 21:50 ピーク水位を記録*

\* 佐用川水位観測所

4. 考察

流量及び、水位に関して、再現性の高い結果が得られた。立ち上がり部分に関して、過剰評価された流量や断面の不連続性が、初期水位に影響を及ぼしていると考えられるため、更なる検証が必要である。氾濫区域について、概ね実績の氾濫域と一致した。これは、任意断面の詳細な反映により、再現できたと考えられる。都市域で過小評価が見られたが、都市域での浸透能を考慮していないためと考えられるため、都市域での浸透能を考慮する必要がある。本研究では、時系列の氾濫再現結果は、概ね一致しているが、リアルタイム氾濫予測システムとしては、更なる検証が必要である。

5. 結論

解析雨量や高解像度 DEM などのレーダー観測データや任意断面の詳細な反映により、河川の流量と水位のみならず、陸地の氾濫域の再現性が高いという結果を得た。しかしながら、任意断面の初期条件の影響や都市域での氾濫の再現性については、更なる検証が必要である。洪水予測をするためには、時系列の浸水再現性も重要であり、その検証が今後の研究課題である。