

令和2年7月豪雨の球磨川流域の流量推定と 人吉地区の氾濫シミュレーション

田邊虎太郎¹⁾・稲葉 柁¹⁾・白水 元²⁾・朝位孝二²⁾

¹⁾山口大学工学部社会建設工学科, ²⁾山口大学大学院創成科学研究科

1. はじめに

令和2年7月3日から4日において九州地方では熊本県を中心に広い範囲で大雨を記録し、河川氾濫による堤防の決壊や住宅地への浸水が発生した。熊本県を流れる一級河川である球磨川の被害として、堤防決壊2箇所、堤防越水3箇所、溢水8箇所が確認された。熊本県人吉市では2020年7月3日から48時間で、418.5mmから497mmの雨量が確認された。令和2年7月豪雨災害調査報告によると、人的被害として、死者・行方不明者20名、住宅被害として、床上・床下浸水などが4,681棟となっている。

人吉市においてこのような甚大な被害が発生した水害は1965年(昭和40年)の7月豪雨以来である。今後の水害対策を講じる上において、今次水害の流出規模や氾濫流の挙動を水文学的および水理学的に解析しておくことは非常に重要なことである。本研究では今次災害時における球磨川流域の流出流量を把握するために、流出氾濫解析が同時に実行できるRRIモデルを用いて流出解析を行った。また、RRIモデルで算出された流出流量を用いて、iRIC Nays2D Floodで数値氾濫シミュレーションを行い、人吉地区を通過した氾濫流を考察する。

2. RRIを用いた流出解析

降雨流出氾濫(Rain-Runoff-Inundation) RRI¹⁾モデルは降雨流出と氾濫を同時にシミュレーションできる2次元解析モデルであり、斜面と河道を別々に扱う。降雨流出の浸水過程をより適切に表すために、地下の側方の流れ、浸透の垂直方向の流れおよび表面の流れを計算する。それらより、山岳地域の側方の地下の流れと平坦な地域の浸透をシミュレートすることができる。また、河道と斜面の流れの相互作用は、水位と堤防の高さの条件に応じて異なるオーバーフロー式に基づいて推定される。

本研究では、入力降雨は国土交通省が運用しDIASがアーカイブしているXバンドMPレーダーデータ²⁾を使って、累積降雨量(2020年7月3日0:00~7月5日0:00)を求めた。解像度は250mメッシュに設定した。地盤高データは空間分解能1s(約30m間隔)の日本域表面流向マップ³⁾をスケールアップした2s(約60m間隔)の標高・流下方向・集水面積データを解析に用いた。球磨川の河道幅を短径断面と仮定した。要所でGoogle Mapの衛星画像を用いて河川幅を測定し、Excelのソルバを用いて河川幅設定の最適なパラメータを決定した。堤防高は流域内で2mを平均として設定した。本解析では球磨川流域全体対象とした。短期間の豪雨であったため、蒸発散の影響は考慮していない。土地利用は、国土数値情報⁴⁾の平成26年度土地利用細分メッシュデータ(ラスト版)を再分類し、流域を田畑、山地森林、建物用地に分けRRIマニュアルに沿ってパラメータ設定を行った。田畑では垂直浸透流を考慮するGreen-Amptモデル、山地森林では飽和地下水流れと表面流れを考慮、建物用地では地表流のみを考慮した。

3. RRI での流出解析結果

令和2年7月豪雨時の球磨川流域を対象にRRIモデルで流出解析を行った。また、解析では市房ダムによる流量調節を考慮した。図-1に大橋における実測水位と計算水位を示す。大橋の実測水位は危機管理型水位計を用いて算出した。

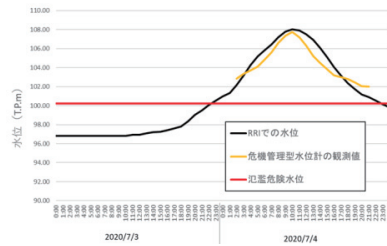


図-1 加色混合法に浸水域抽出

図-1より大橋の実測水位は7月4日9時50分頃に107.78mとなっている。一方RRIによる計算水位は7月4日10時10分頃に108.03mとなっている。比較すると、グラフ形状は両者で若干異なるがピーク水位とその時刻はある程度一致している。RRIで算出した大橋の流量は妥当であると考えられる。

次に、図-2に各地点のピーク水位とピーク時刻、図-3に各地点のピーク流量と7月4日のピーク時刻を示す。

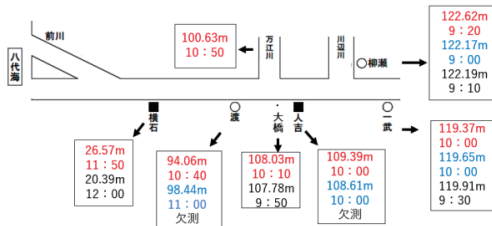


図-2 各地点のピーク水位(T.P.m)と時刻

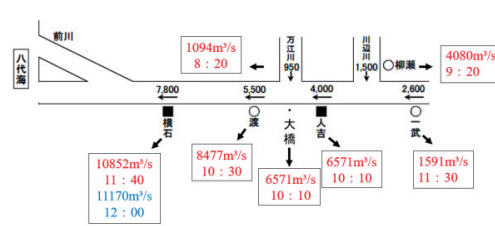


図-3 各地点のピーク流量と時刻

図-2の赤字はRRI計算結果、青字は国土交通省の再現結果、黒字は水文水質データベース⁵⁾で調べた結果を表す。図-2の計算結果を見ると、渡、横石以外の地点は計算水位が実測水位とある程度一致していることが読みとれる。渡では水深が過少評価されており、横石では水深が過大評価されていた。これらは河川断面や考慮されていない支川や水路の影響と思われる。また当然ながら水位のピークを取る時刻は流下するにつれて遅くなる。計算値では一武および人吉で10:00であるが、渡では10:40、横石では11:50である。

図-3は各観測所における流量を表している。また河道中の数値は流量の計画配分量である。赤字はRRIによる計算流量を示している。横石地点のみ国土交通省のHQ関係式が公開されていたため、観測水位のデータを使って推定したものを黒字で示した。HQ式による推定流量のピークは7月4日12時頃の11,170m³/sであるが、計算では7月4日11時40分頃をピークとして10,852m³/sとなった。計算で求めたピーク流量は若干過小ではあるが、時刻・流量ともに実際の状況をよく表現している。球磨川本川上流の一武観測所での計算流量は計画高水流量未満であるが、支川の川辺川の柳瀬観測所でのピーク流量は4,080m³/sもあり、計画高水流量を大きく上回っている。XRAIN雨量データでは川辺川流域の上流部付近で激しい降雨が確認されており、この影響で川辺川の流出量が大きくなり球磨川との合流部より下流に位置する地点での氾濫による被害をもたらしたと考えられる。

4. iRIC Nays2D Flood を用いた氾濫シミュレーション

人吉地区での氾濫シミュレーションを行った。対象範囲の人吉地区には球磨川の他に胸川、山田川が流れており、球磨川と支川との合流部周辺での浸水被害が数多く確認されている。

図-4 は人吉市の住宅地の倒壊したフェンスの写真である。フェンスは球磨川の方に倒れていたため、住宅地への最初の氾濫流は球磨川からの氾濫流ではなく、付近の用水路から起こったものと考えられる。氾濫が起きた7月3日から4日にかけて、合流部付近での氾濫の影響を分析する必要がある。以上より、人吉地区における浸水深の評価、また図-4 の氾濫流の特定を目的として、氾濫時の球磨川と支川との合流部周辺を対象として数値計算モデルを作成し、氾濫シミュレーションを実施した。

氾濫シミュレーションの作成に、iRIC の Nays2D Flood⁶⁾ ソルバを用いた。Nays2D Flood は一般曲線座標で境界適合座標を用いた非定常平面2次元流計算による氾濫流解析用ソルバである。図-5 に解析範囲を示す。また図中の番号は浸水深の実測位置である。上流端および左右側方の任意の複数の箇所からの非定常流量の流入条件を容易に設定できる。氾濫解析の計算期間は2020年7月3日18時から7月4日の12時までの計18時間とする。対象範囲として、上流端を曙橋（河口から63.0km）、下流端を織月大橋（河口から60.0km）とし、3.0×1.2kmの範囲で球磨川氾濫解析の検討を行う。格子間隔は5m四方である。支川の山田川が球磨川の右岸側で合流し、胸川が左岸側で合流する。解析範囲と浸水深の実測分布を図-5 に示す。地勢データは国土地理院基盤地図情報DEM5mを用いた。粗度係数は、道路0.013、田畑0.02、河道0.025、住宅地0.08とした。また建物の浸水を考慮する建物占有率を0.3と設定した。計算時間間隔は0.1である。各河川の流量はRRIで算出された流量を適応した。



図-4 人吉地区の倒壊したフェンス



図-5 解析範囲と実測位置

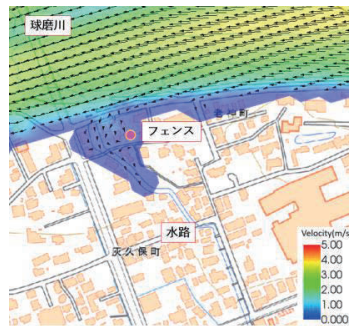


図-6 フェンス周辺の流速ベクトル

5. 氾濫シミュレーション結果

図-6 に左岸側の氾濫初期におけるフェンス付近の浸水分布を示す。図の矢印は流速ベクトルを表す。図より球磨川から氾濫流が左岸側と流れており、図-4 の状況とは異なる。つまり、フェンス付近への氾濫流の初期は球磨川から来たものではなく、解析モデルでは設定できていない用水路からの氾濫と推測される。次に、浸水範囲を比較するため、次に図-7 に流量が最大の時刻である7月4日午前10

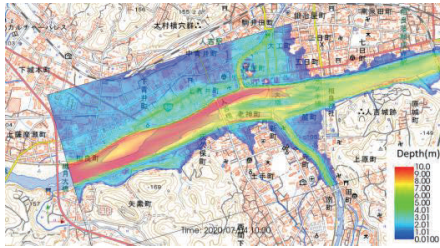


図-7 浸水深分布(人吉地区)

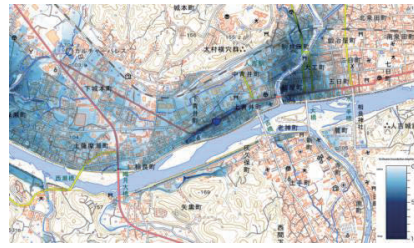


図-8 国土地理院浸水推定図

時の人吉地区浸水深分布，図-8 に国土地理院浸水推定図⁷⁾を示す。

2つの図を比較すると，球磨川と山田川の合流部での浸水状況が良好に再現されていることが分かる．次に図-9 に実測分布で示した各地点での実測と解析の浸水深比較を示す．平均誤差は0.62mである．浸水深を比較すると，一致する点はあるが，全体的に解析浸水深が過少評価となっている．RRI で算出された流量が少ないことや，先ほどの水路の流量も設定できていないことが原因だと考えられる．設定流量を考慮すれば，実測と解析の値が近づくと考えられる．

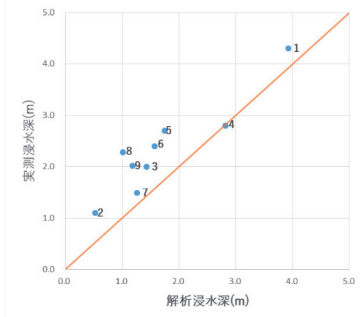


図-9 実測と解析の浸水深比較

6. まとめ

令和2年7月豪雨による球磨川流域の氾濫を対象にRRIモデルやiRIC Nays2D Floodを用いて，流量推定と氾濫シミュレーションを試みた．結果としてRRIモデルより，支川の川辺川の流出量が球磨川下流部での氾濫被害に大きな影響を及ぼしていることが分かった．またiRIC Nays2D Floodより，浸水範囲の再現精度は妥当ではあるが，浸水深を合わせるためには，流入流量や粗度の他，用水路をモデル化する必要がある．今後の課題としたい．

参考文献

- 1) 降雨流出氾濫モデル ユネスコ後援機関 水災害・リスクマネジメント国際センター：
https://www.pwri.go.jp/icharm/research/rri/rri_top.html
- 2) XRAIN リアルタイム雨量情報システム-DIAS：<https://www.diasjp.net/service/xrain>
- 3) 日本域表面流向マップ：hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamadai/JapanDir
- 4) 国土数値情報ダウンロードサービス-mlit.go.jp 国土交通省：国土数値情報土地利用細分メッシュ
(ラスタ版) データ：nlftp.mlit.go.jp/ksj
- 5) 国土交通省 水文水質データベース：www1.river.go.jp
- 6) 清水康行：iRIC Software Nays2D Flood Solver Manual Ver5.0 北海道河川財団：
<https://iric.org/solvers/nays2dflood/>
- 7) 国土地理院：令和2年7月3日からの大雨による浸水推定図球磨川水系球磨川5：
https://www1.gsi.go.jp/geowww/saigai/202007/shinsui/02_shinsui_kuma_05.pdf