

令和2年7月豪雨における球磨川上流域の支川合流部の氾濫再現シミュレーション

山口大学大学院創成科学研究科	学生会員	○大中 臨
山口大学大学院創成科学研究科	正会員	赤松 良久
山口大学大学院創成科学研究科	正会員	宮園 誠二

1. 目的

2020年7月3日から7月31日にかけて日本付近に停滞した前線の影響で発生した豪雨(令和2年7月豪雨)は、死者84名、行方不明者2名、負傷者77名の人的被害と全壊1621棟、半壊4504棟、一部破損3503棟、床上浸水1681棟、床下浸水5290棟の住家被害が発生し、当該被害は1都2府38県に人的・物的被害をもたらした¹⁾²⁾。中でも、熊本県を流れる球磨川(流域面積1856km²、全流路延長551.9km、幹線流路延長115km)³⁾では、2020年1月7日時点で既に6105戸の浸水被害が確認されており、これは昭和以降に発生した浸水被害で最多の14611戸(1972年)、12825戸(1965年)の次に多い被害数であった⁴⁾。球磨川流域における浸水被害は流域内4市5町5村の内、特に人吉・球磨盆地に位置する熊本県人吉市および球磨村に集中した。図-1に国土地理院公開の人吉・球磨村盆地における今次災害による氾濫範囲⁵⁾を示す。図中のAは当該災害で、人的被害が発生した養護老人ホーム千寿園の位置を示している。千寿園では施設の1階が水没し、入所者65名のうち14名が犠牲となった⁶⁾。当該災害時に千寿園近傍を流れる小川では合流部付近でバックウォーター現象の影響を受けて氾濫が発生したことが示唆されている⁷⁾。そこで、本研究では、当該災害で発生した小川合流部からの氾濫とそれに伴う千寿園の浸水被害の特性を明らかにすることを目的として、小川合流部付近の現地調査と千寿園を含む小川合流部周辺を対象とした詳細な氾濫再現シミュレーションを行った。

2. 現地調査

(1) 現地調査方法

現地調査では、踏査による被災状況の記録を行うとともに、UAV(DJI社製Phantom 4 pro V2)を用いて

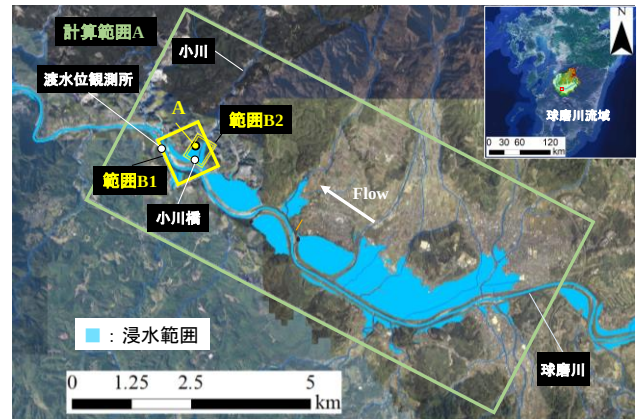


図-1 調査範囲および今次災害の浸水範囲

図-1における範囲B1付近の撮影を行った。また、同調査範囲の8地点で建物の壁や植物についた泥の痕跡から氾濫流の痕跡水深を測定し、GNSS測量システム(Trimble社製Trimble R4-3s)を用いて、当該地点の緯度・経度および標高を測定した。測量機器には、Trimble R4-3s(株式会社ニコン・トリニブル)を用いた。UAVによって撮影された静止画から、SfM-MVS(Structure from Motion-Multi View Stereo)にてオルソ画像を作成した。作成には、Metashape professional(Agisoft LLC)を用い、作成の際はGNSSによって得られたUAVの撮影範囲における陸上の構造物の角等、不動点とみなせる場所における緯度・経度および標高を、GCP(Ground Control Point)として利用した。

(2) 現地調査結果

図-2は、現地調査で得られた災害時の様子と、浸水深の測定ポイントを示している。堤防付近で約7.14m、千寿園付近で約4.81mの痕跡水深が確認され、非常に大規模な浸水が発生した事が確認できた。また、図-3にUAV写真測量によって作成した千寿園付近のオルソ画像(解像度約3cm)を示す。人的被害が発生した千寿園の近くには球磨川の支流の小川が流れている。本川では渡地区で左右岸を結ぶ相良橋や第2球

キーワード 令和2年7月豪雨, 球磨川, RRIモデル, Nays2D Flood, 背水, 合流部

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1 山口大学工学部 TEL0836-85-9339



図-2 痕跡水深計測ポイントおよび現地の様子

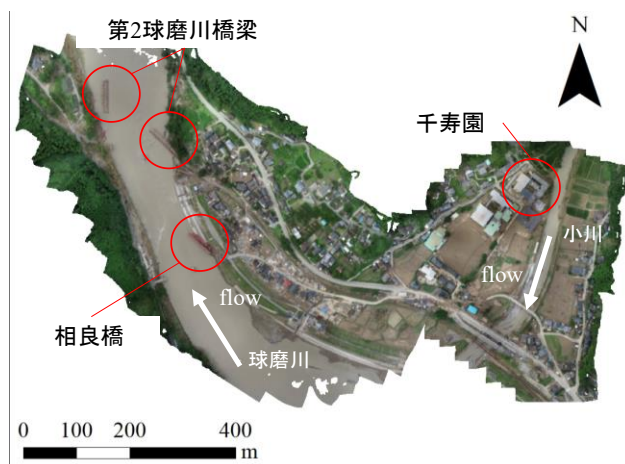


図-3 千寿園周辺のオルソ画像

磨川橋梁が流され、河道内に横たわっていた。この様子から、災害時の流量が想定を超える大規模なものであったことが推察される。

3. 千寿園付近の詳細な解析

(1) 解析条件

災害当時、想定を上回る流量の流下⁸⁾により本川に設置された人吉市内の水位観測所はすべて欠測していたため、RRIモデルによる流出解析にて流量を把握した。また、当該流量を上流端および側方の境界条件として人吉市全体から狭窄部までを対象とした計算（Case1：図-1 範囲 A）を行い、千寿園付近周辺の詳細な計算（Case2：図-1 範囲 B1, B2）時の下流端水位の時系列を得た。氾濫解析には、iRIC の Nays2D Flood を用いた。以下、Case2 における計算条件を示す。計

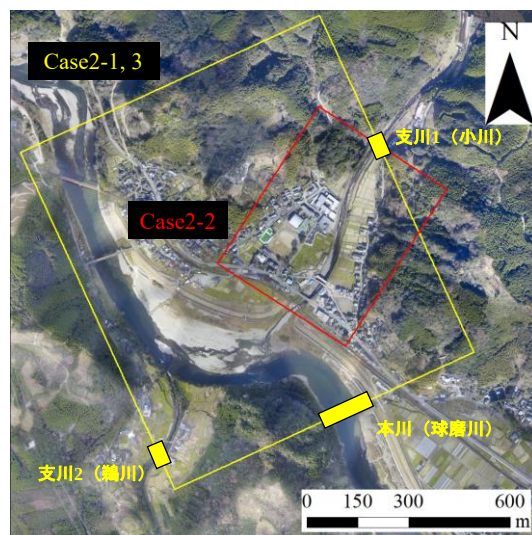


図-4 千寿園周辺のオルソ画像

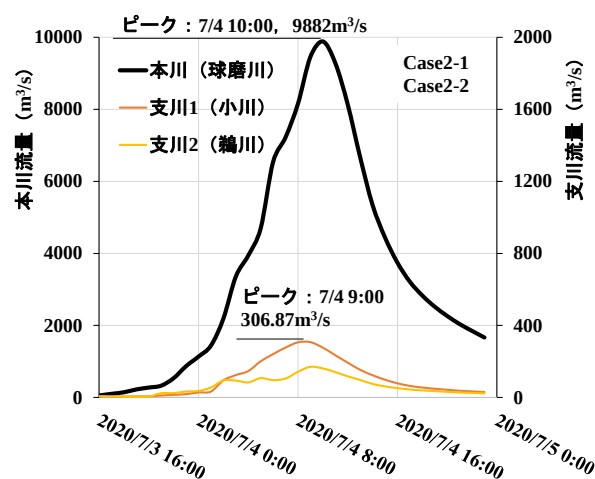


図-5 千寿園周辺のオルソ画像

算期間は、2020/7/3 16:00～2020/7/5 0:00 であり、堤外地の地形データには、平成 28 年度の河川横断測量成果を用いた。堤内地の地形データには現地調査の UAV 写真測量によって得られたデータ（0.5m メッシュ）と 5m および 10m メッシュの数値標高モデルを組み合わせたデータを用いた。粗度係数は、堤内地は 0.025、堤外地は 0.03 した。計算格子間隔は 3m とし、計算時間間隔は 0.03 秒とした。なお、本解析では小川における背水の影響を検討するために、上記の条件での解析（以下、Case2-1）に加えて、小川における球磨川の背水の影響を詳細に検討するため、小川のみを対象とした解析（以下、Case2-2）と小川の流量をゼロとした解析を実施した（以下、Case2-3）。計算格子間隔、計算時間間隔、粗度係数、共通する境界条件の流量は各ケースで先述と同様であるが、Case2-2 では下流端を自由流出としている。Case2-1, Case2-3 およ

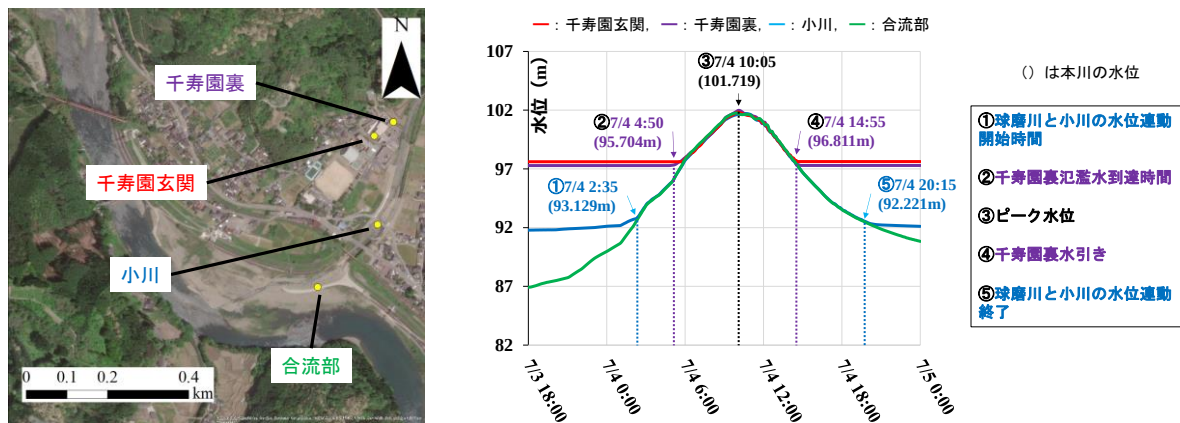


図-6 Case2-1 水位検証点および各点での水位時系列

び Case2-2 の解析範囲と流量を入力した位置を図-4 に示す。流量は RRI モデルによって導出した本川、小川、鶴川の流量を入力した(図-5)。

(2) 解析結果

図-6 に Case2-1 で水位の時系列を検証した地点およびそれぞれの検証点での水位時系列を示す。水位の時系列は、球磨川と小川の合流部付近、小川橋、千寿園の玄関、千寿園の裏手で導出した。時系列を詳細に検討した結果、千寿園はまず裏手から小川による氾濫によって 2020/7/3 4:50 から浸水が始まり、その後本川からの氾濫水が 6:20 に千寿園の玄関に到達した。その後、1.62cm/分の速さで水位が上昇し、6:50 に冠水し、10:05 にピークを迎え、1.56cm/分の速さで低下し、2020/7/4 14:55 に完全に引いたことが明らかになった。千寿園付近では、2020/7/4 5:30 頃に小川からの氾濫、2020/7/4 7:00 頃に千寿園とまごころ苑を繋ぐ渡り廊下から一気に浸水したという証言がある⁹⁾。図-7 に小川の堤防上の流速および渡り廊下付近の水位増加分の時系列、そして検証した点の位置を示す。小川堤防上で堤外地から堤内地に向かう速い流速が確認された時刻(2020/7/4 5:35)と渡り廊下付近で急激に水位が上昇した時刻(2020/7/4 6:50)はおおよそ証言と一致しており、計算の妥当性が示された。

図-8 に各時刻・各ケースにおける合流部からの小川の水位縦断分布を示す。千寿園裏に氾濫水到達時(2020/7/4 4:50)は千寿園付近の水位で、Case2-3 が最も水位が低く、Case2-2 と比べて Case2-1 の水位が高いことから、災害時は背水の影響で小川の水位が上昇していることが明らかとなり、千寿園付近において、Case2-1 は Case2-2 より約 0.49m、Case2-3 より約 1.41m 高い水位が確認された。また、ピーク時(2020/7/4

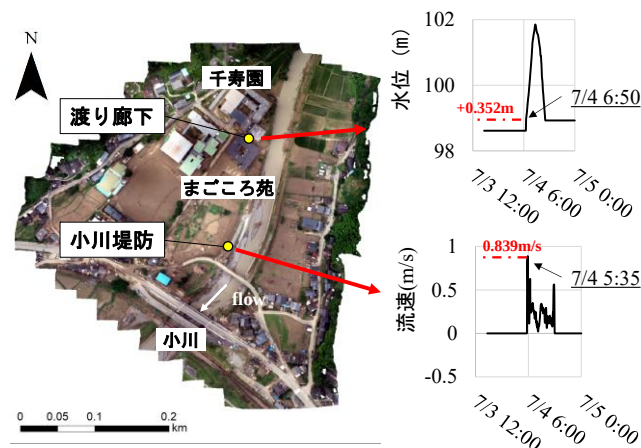


図-7 各検証点での水位時系列

10:05) に近づくにつれて、Case2-1 と Case2-2 の水位差が広がっていることが確認でき、ピーク時における水位差は、千寿園付近で約 4.75m であった。Case2-1 と Case2-3 との水位差はほとんど確認されないことから、当該時間帯は球磨川本川からの氾濫水が千寿園付近まで到達していたことが明らかになった。図-9 に各ケースでの最大水深のコンターを示す。Case2-1, 3 では氾濫水が渡地区全体に及んでいるのに対して、Case2-2 では氾濫は千寿園裏の一部にとどまり、小川左右岸側への住宅地への氾濫は発生しなかった。これらの結果から、本川の水位上昇に伴う背水の影響が無ければ小川の氾濫は発生しなかった可能性が示され、支川と本川の合流部の危険性が明確に示された。

4. 結論

令和 2 年 7 月豪雨により被害を受けた熊本県球磨村の千寿園付近を対象とした iRIC による氾濫再現シミュレーションを実施した結果、当該災害時に千寿園近傍を流れる小川では、本川の水位上昇に伴う背水の影響で大幅な水位上昇が起こったことが明らかと

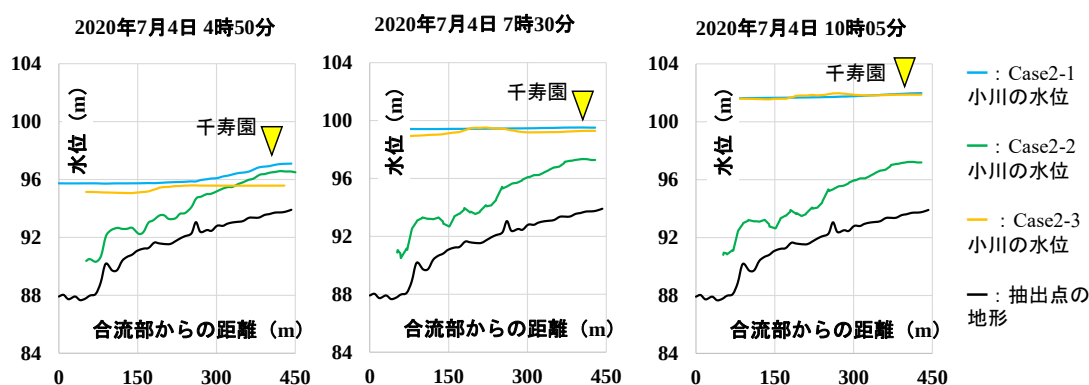


図-8 各時刻における Case2-1, Case2-2, Case2-3 の河川水位の縦断分布の比較

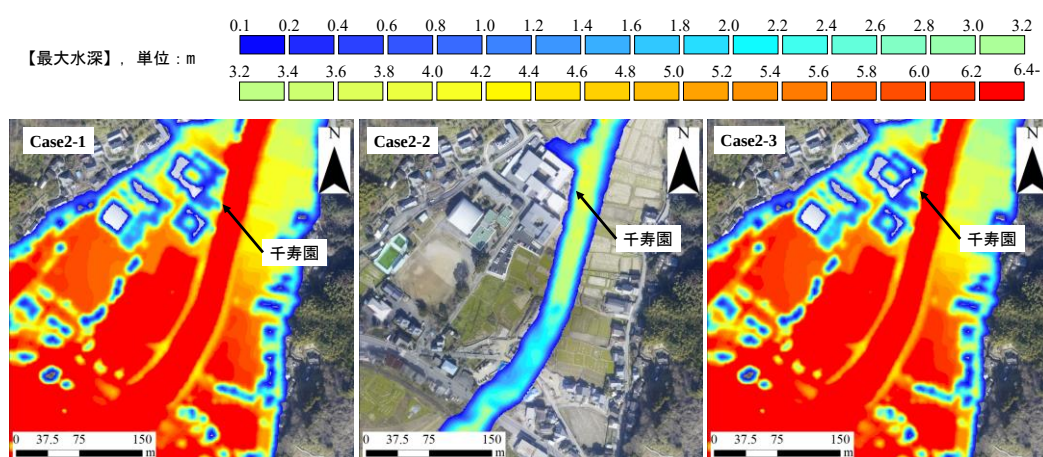


図-9 Case2-1, Case2-2, Case2-3 の最大水深コンター

なった。また、本川の背水の影響を考慮しなかった場合は小川からの氾濫は発生しなかった可能性が明らかになったことから、支川と本川の合流部の危険性が明確に示された。以上の結果から、流出解析と氾濫解析を組み合わせることによって、氾濫域や氾濫水深のみならず、背水が発生する可能性のある支川合流部を予測し、流域における危険箇所を事前に把握することが可能であることが示唆された。

謝辞

本調査は土木学会水工学委員会・令和2年7月九州豪雨災害調査団の調査の一環として行われ、公益財団法人河川財団の河川基金助成事業の補助を受けて行われた。また、RRIモデルの計算結果は、京都大学防災研究所の佐山敬洋先生および山田真史様より賜った。ここに記して謝意の意を表します。

参考文献

- 1) 気象庁：令和2年7月豪雨，pp.1-47，2020。
- 2) 内閣府：令和2年7月豪雨による被害状況等について，令

和3年1月7日14時00分現在，2021。

- 3) 公益社団法人 日本河川協会：2020 河川ハンドブック，pp.197, 209，2020。
- 4) 国土交通省：球磨川の主な災害，2008，https://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen/jiten/nihon_kawa/0911_kumagawa/0911_kumagawa_02.html（2021年1月閲覧）。
- 5) 国土地理院：令和2年7月豪雨に関する情報，浸水推定段彩図の浸水範囲の輪郭線，https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R2_kyusyu_heavyrain_jul.html，（2020年1月閲覧）
- 6) 国土交通省：第1回検討会 説明資料，令和2年7月豪雨災害を踏まえた高齢者福祉施設の避難確保に関する検討会，pp.16, 61，2020。
- 7) 中央開発株式会社：令和2年7月豪雨災害調査 報告書，pp.40，2020。
- 8) 国土交通省 九州地方整備局，熊本県：第2回令和2年7月球磨川豪雨検証委員会説明資料，pp.17，2020。
- 9) 西日本新聞：千寿園の教訓を備えに 入所者14人犠牲、避難情報共有が鍵，<https://www.nishinippon.co.jp/item/n/632650/>（2021年2月24日閲覧）。