

SAR 画像を用いた令和 2 年 7 月豪雨球磨川流域 の浸水深推定

山本悠人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 月豪雨により、九州地方、東海地方、東北地方の多くの地点で記録的な大雨を引き起こした。全国で約 65 万世帯、約 140 万人に避難指示が発令された。7 月 3 日夜には梅雨前線が九州北部地方まで北上、低気圧や前線に向かって暖かく湿った空気が流れ込み、九州では大気の状態が非常に不安定となり、7 月 3 日から 7 月 4 日の 2 日間の雨量は 7 月の平均雨量を観測する大雨となった。熊本県の球磨川では、大雨により氾濫、洪水が発生し、球磨川の堤防が 2 箇所で決壊したほか、数箇所越水、人吉市の市街地は記録的な浸水深となり多数の浸水深家屋が発生した。また、球磨村の特別養護老人ホーム千寿園で浸水し、14 名の犠牲者が出る等、甚大な被害であった。

現在、日本国内では発災後短時間で被災地の画像を取得し被災状況や二次災害の危険状況の把握を目的として、L バンド合成開口レーダ「PALSAR-2」を搭載した陸域観測技術衛星 2 号「だいち 2 号」(ALSO-2) が運用されている。合成開口レーダー (SAR) は人工衛星から電磁波を発射し、地表面からの後方散乱波を受信し地表面の状態を把握するもので、豪雨による河川氾濫や浸水などの気象災害に対して有力な観測手段となっている。令和 2 年 7 月豪雨に対しても、合成開口レーダの PALSAR-2 を搭載した衛星だいち 2 号(ALSO-2)による観測が行われた。本研究では球磨川流域における発災直後の合成開口レーダの画像と数値標高モデル(DEM)を利用し浸水深分布を推定する方法の開発を試みた。本稿ではその手法について報告する。

図-2 に球磨川流域内の解析範囲を示す。球磨川流域を対象とした発災直後の PALSAR-2 による観測は、7 月 6 日 12 時 18 分のものを使用した。この観測範囲について図-1 に示す。また、表-1 に観測条件の概要を示す。

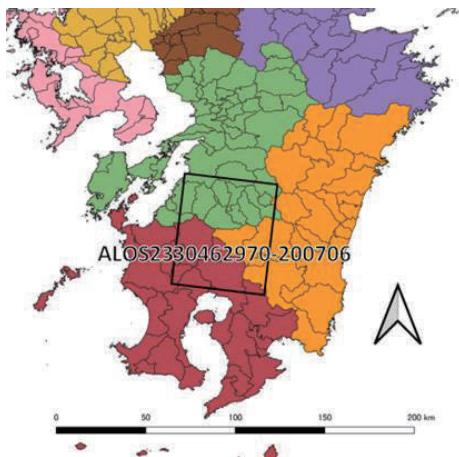


図-1 球磨川流域を対象とした観測範囲



図-2 球磨川流域内の対象範囲

表-1 解析に利用する発災直後の PALSAR-2 画像観測条件

シーン ID	観測日時 (JST)	衛星進行方向	観測方向	オフナディア角	偏波
ALOS2330462970- 200706	2020/7/6 12:18	ディセンディング	右側方向	32.4	HH

2. 解析手順

前述の発災直後の観測によって得られた合成開口レーダの画像を解析し、球磨川流域の浸水域を求める。解析時にはスペckルノイズ低減のために Lee filter 処理を付加している。また、球磨川流域ハザードマップに示されている洪水浸水想定区域（想定最大規模）を浸水深解析対象区域とし、その区域以外は氾濫による浸水は無いものと仮定する。

合成開口レーダの画像から池など恒常的に水域である箇所を多数サンプルとし、水域の後方散乱係数の平均値と標準偏差を求めた。後方散乱係数が求めた平均値と標準偏差の和以下となる箇所を二値化して水域として抽出した。この水域の分布を示すラスター画像に Majority filter を適用し明瞭化した後ポリゴン化した。そのうち 1 m²以上の面積のポリゴンについてポリゴンの頂点の DEM データを参照して水際の地盤高（仮想水面高）を推定した。図-3 にハザードマップの洪水浸水想定区域内に 1 m²以上の水域を示す。

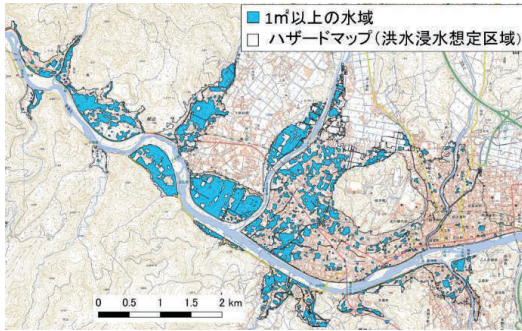


図-3 SAR 画像により抽出した水域

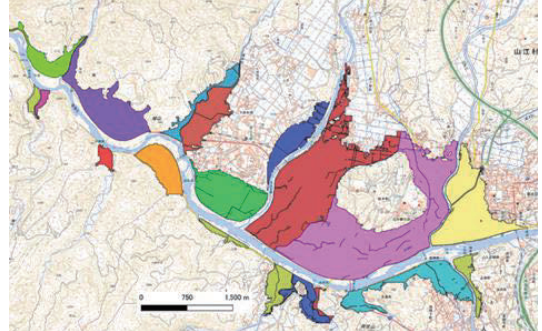


図-4 エリア分け

ハザードマップを河川で区切りエリアごとに、その内部の水域を抽出し、水域ポリゴン境界の標高を参照して仮想水面高を決定した。ハザードマップに示されている浸水領域を支流で区切りエリア分けを行った。それを図-4 に示す。エリアごとに水域ポリゴン境界の標高の頻度をヒストグラムで表した。その形により仮想水面高の代表値を決定した。ヒストグラムの形は通常型、歯抜け型、歪んだ型、頻度 1 位と 2 位が隣り合っていない形の 4 種類に分類した。4 種類のヒストグラムの一例を図-5 から図-8 に示す。通常型は水域ポリゴン境界の上位 5%の数値の平均値をとり、歯抜け型は水域ポリゴン境界の第三四分位数をとり、歪んだ型は水域ポリゴン境界の上位 25%の数値の平均値をとり、頻度 1 位と 2 位が隣り合っていない形は中央値を仮想水面高の代表値とした。この仮想水面高と標高の差を推定浸水深として求めた。

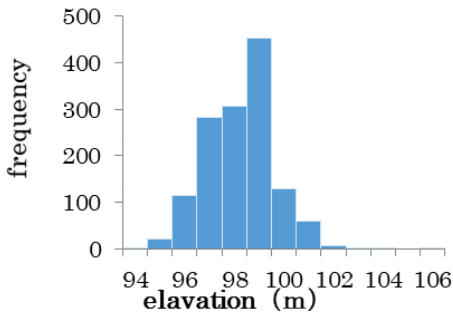


図-5 通常型

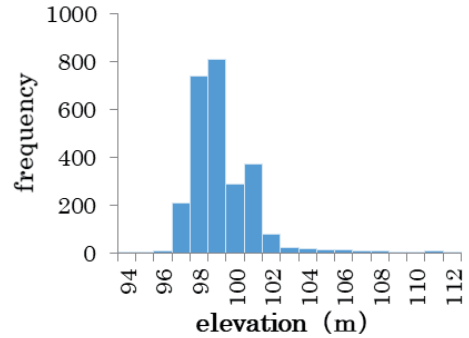


図-6 歪んだ型

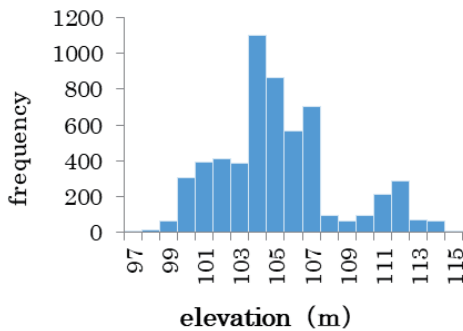


図-7 歯抜け型

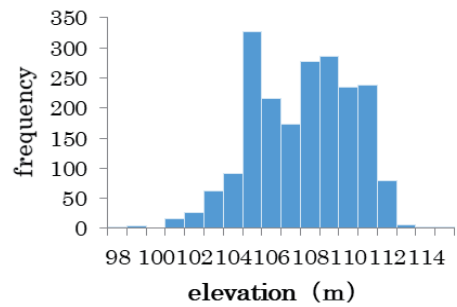


図-8 頻度1位と2位が隣り合っていない形

3. 解析結果

仮想水面高と範囲内の標高地の差を浸水深分布として図-9に示す。図中の○は浸水痕跡の位置を示している。推定浸水面積は590haであった。一方で、国土地理院の浸水推定図を図-10に示す。図-10は国土地理院が7月4日10時までに収集したSNS画像と標高データを用いて、浸水範囲における水深を算出して深さを濃淡で表現した地図である。実際に浸水があった範囲でも把握できていない部分、浸水していない範囲でも浸水範囲として表示されている部分がある。国土地理院の推定浸水深面積は499haであった。国土地理院の推定浸水深図と比べると今回求めた浸水深分布図は広範囲に及ぶ結果になった。支川による氾濫の範囲が推定浸水深面積の差に多大な影響を与えている。

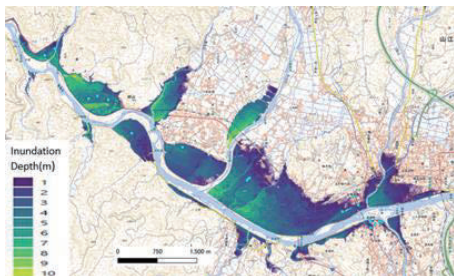


図-9 推定浸水深分布



図-10 推定浸水深分布 (国土地理院)

推定浸水深の精度を検証するために、実測値との比較を行う。図-11 の横軸は図-9 による推定浸水深で縦軸は実測浸水深である。この図面に傾き 1:1 の二等分線を描き、この線上にデータがプロットされていれば両者の数値は一致していることになり精度が良好であることを意味する。実測値に対する平均絶対誤差は 0.77m 程度であった。RMSE（二乗平均平方誤差）は 0.91 となった。誤差が大きい値は、数値標高モデルのデータと計測した標高の値との誤差があることが考えられる。

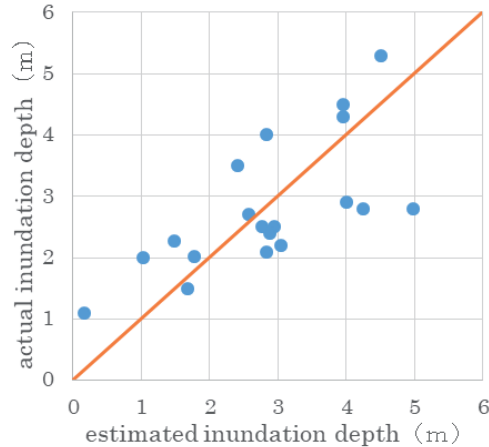


図-11 痕跡高と推定浸水深の比較

4. まとめ

合成開口レーダの画像を用いて球磨川流域の浸水範囲および浸水深を把握することを試みた。熊本県人吉市周辺の浸水では、浸水深の実測値に対する平均誤差は 0.77m であった。市街地ではレーダの乱反射により正確な浸水深が抽出されないため、エリア分けを行いエリアごとの浸水範囲で特徴を見つけ浸水深を推定した。2019 年 10 月の台風 19 号によって氾濫した千曲川でも同様な解析を行った結果、平均誤差は 0.97m となり、ほかの地域でも有効であると考えられる。

ハザードマップの洪水浸水想定区域を用いることでハザードマップが作成されている地域で利用することができる。しかし、想定最大規模を超える洪水が起きた場合、この手順は行うことができない。

参考文献

- 1) ハザードマップポータルサイト
<https://disaportal.gsi.go.jp/hazardmap/copyright/opendata.html#l2shinsuishin>
- 2) 一般財団法人国土技術研究センター河川政策グループ. 令和 2 年 7 月豪雨災害調査報告～「堤防等の被害」と「市街地の被害」の詳細な現地踏査を実施～. 令和 2 年 8 月 18 日,
http://www.jice.or.jp/cms/kokudo/pdf/reports/disaster/15/2020_gouu_01.pdf
- 3) 白水 元・金城 海輝・山本 晴彦・朝位 孝二：合成開口レーダーを用いた浸水域および浸水深および浸水深の推定法に関する研究
- 4) 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 人吉市周辺
https://www1.gsi.go.jp/geowww/saigai/202007/shinsui/01_shinsui_kuma_01.pdf