

オープン形式の SAR 画像を用いた浸水域の推定に関する一考察

法政大学大学院    学生会員    ○浅野   達海  
法政大学        正 会 員    今井   龍一  
大阪経済大学    正 会 員    中村   健二

摂南大学        正 会 員    塚田   義典  
関西大学        正 会 員    清水   則一  
法政大学大学院   学生会員    山本   忍

1. はじめに

我が国では、豪雨による浸水、地震・津波等の大規模な自然災害により、突発的かつ広域な河川の氾濫や土砂災害が発生している。広域の災害復旧では、迅速な被害状況の把握と適切な初動対応が求められる。こうした背景を受け、効率的に国土を観測するリモートセンシング技術である合成開口レーダ（以下、「SAR」とする。）が注目されている。SAR の観測成果である画像（以下、「SAR 画像」とする。）は、災害時の状況把握や特定期間の地形変動の分析等に適している<sup>1)</sup>。しかし、SAR 画像は一般に有償であり、定常的なインフラモニタリングには、費用対効果が高い導入方法が課題である。そこで、著者らは、欧州宇宙機関（以下、「ESA」とする。）の SAR 衛星 Sentinel-1 に注目した。この衛星の SAR 画像は、オープン形式で定期的に配信されているため、利用に際して費用がかからない。また、ESA は、解析用ソフトウェアも無償で提供している。このようなオープン形式の SAR 画像と無償の解析用ソフトウェアを国土の定常的な監視に適用できると、例えば、ゲリラ豪雨により定期的に生じる浸水箇所の検出等、インフラ管理の多用途展開や高度化が期待できる。

以上より、本研究の目的は、オープン形式の SAR 画像と解析用ソフトウェアを用いた国土の災害状況把握への適用可能性の検証とする。検証の一事例として、浸水域の推定結果と国土地理院が公開する令和元年東日本台風の浸水推定図との比較検証を実施する。

2. 研究方法

本研究では、二時期の SAR 画像を用いた後方散乱強度解析により浸水域を推定する。後方散乱強度とは、SAR 衛星が照射したマイクロ波のうち地表面で散乱し照射方向側へ戻るマイクロ波の強度である。本研究の全体像を図-1 に示す。まず、Copernicus Open Access Hub<sup>2)</sup>より Sentinel-1 の SAR 画像を取得する。次に、ESA が公開する無償の解析用ソフトウェアである SNAP<sup>3)</sup>を用

いて、解析結果である座標値を保持した画像データを出力する。最後に、GIS ソフトウェアの QGIS を用いて、後方散乱強度解析結果と国土地理院による浸水推定図の輪郭線データ<sup>4)</sup>とを重畳して比較する。

3. オープン形式の SAR 画像を用いた浸水域の推定

本章では、令和元年東日本台風による茨城県的那珂川流域における浸水域を推定する。本研究で用いた SAR 画像の詳細を表-1 に示す。那珂川の氾濫は、2019 年 10 月 12 日の夜から 13 日の未明にかけて発生したため、本研究では河川の氾濫前後の Sentinel-1 による SAR 画像を使用した。また、解析結果の比較対象として 2019 年 10 月 14 日午前 1 時時点の浸水推定図の輪郭線データを使用した。浸水推定図<sup>5)</sup>は、国土地理院が、標高データと被災状況を撮影した画像をもとに浸水範囲と浸水深を推定し、地図上に描画することで作成した。

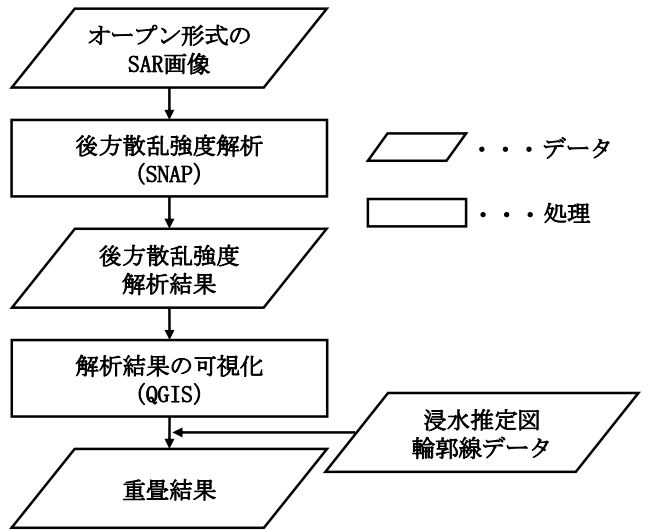


図-1 本研究の全体像

表-1 本研究で用いた Sentinel-1 の SAR 画像の詳細

| データ種別 | 災害前        | 災害後         |
|-------|------------|-------------|
| 観測時期  | 2019年10月7日 | 2019年10月13日 |
| 軌道の方向 | 北行         | 北行          |
| 観測の向き | 右向き観測      | 右向き観測       |
| 観測モード | IW         | IW          |
| 偏波    | VV         | VV          |

キーワード SAR, オープンデータ, Sentinel-1, 後方散乱強度, 浸水域  
連絡先 〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学 TEL : 03-5228-1347 E-mail : tatsumi.asano.2g@stu.hosei.ac.jp

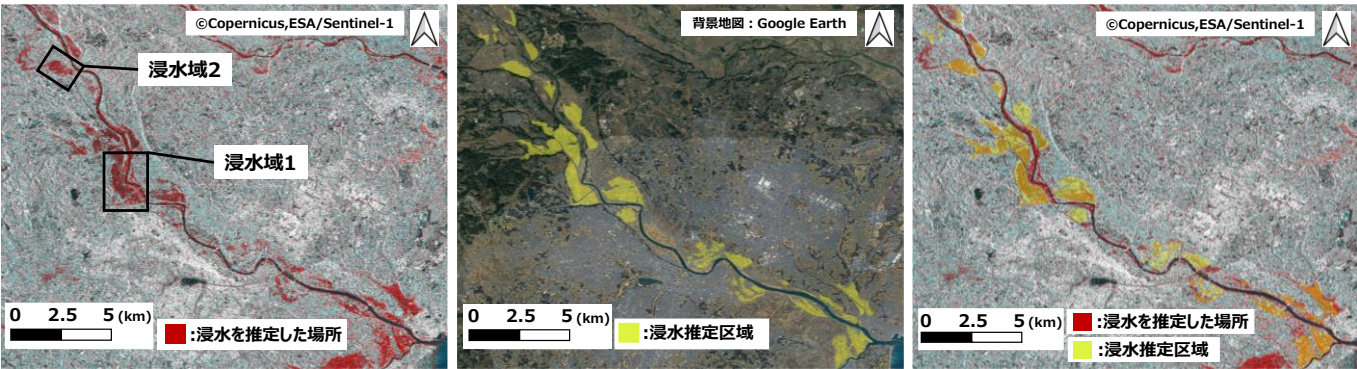


図-2 後方散乱強度解析結果（左）と浸水推定図の輪郭線データ（中央）および両者の重畳結果（右）

(1) 後方散乱強度解析結果と浸水推定図との比較検証

図-2 に後方散乱強度解析結果と浸水推定図の輪郭線データおよび両者の重畳結果を示す。赤色の部分は解析によって浸水を推定した場所であり、黄色の部分は浸水推定図の輪郭線データ（以下、「浸水推定区域」とする。）である。加えて、浸水推定区域内に存在する解析画像のピクセルを集計し正解率を算出した結果を表-2 に示す。正解率の算出では、解析画像における浸水推定区域内のピクセルを総数とし、総数の範囲内かつ前提条件を満たすピクセルを正解とした。なお、前提条件は、解析画像の各ピクセルの後方散乱強度の値が災害前に対して災害後に減少した場合に浸水を推定したと仮定する。表-2 より那珂川流域全体では正解率が 68.7% となった。そのため、正しく推定できなかったピクセルは全体の約 3 割となった。正解率が約 7 割であることから、浸水推定区域の分布が概ね再現されたといえる。以上の結果から、オープン形式の SAR 画像を用いて浸水域が推定できる可能性を示した。

(2) 浸水域推定の精度検証

本検証では、浸水域の形状の推定可否を確認するため、目視判別において正解率が高い浸水推定区域内的の浸水域 1, 2 に着目した。表-2 より浸水域 1 では正解率が 82.5%, 浸水域 2 では 89.7% となり、高精度に浸水域を推定できることを示した。しかし、本検証では浸水推定区域外における浸水域の誤抽出の有無等に関しては未検証である。このため、浸水域の推定精度の追求のためにさらなる検証が必要である。

4. おわりに

本研究では、Sentinel-1 の SAR 画像を用いて、河川の氾濫による浸水域を推定した。解析結果と浸水推定図とを比較した結果、両者は概ね一致した。さらに、解析結果の正解率を算出した結果、一部の浸水域で 9 割近い値となり、高精度に浸水域を推定できることを示し

表-2 浸水域の正解率の算出結果

|             | 解析画像における<br>浸水推定区域内の<br>ピクセル数 (px)<br>[総数] | 総数の範囲内かつ<br>前提条件を満たす<br>ピクセル数 (px)<br>[正解] | 正解率 (%)<br>[総数/正解]×100 |
|-------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------|
| 那珂川<br>流域全体 | 113,041                                    | 77,605                                     | 68.7                   |
| 浸水域 1       | 10,888                                     | 8,985                                      | 82.5                   |
| 浸水域 2       | 4,785                                      | 4,291                                      | 89.7                   |

た。また、本研究ではオープン形式の SAR 画像、解析用および GIS の各ソフトウェアを使用し、浸水域推定に関する一連の解析処理を無償で実行した。以上の結果から、オープン形式の SAR 画像が浸水域の推定に適用できる可能性を示した。今後は、浸水域の誤抽出や抽出漏れの有無から、浸水域の推定精度を検証する。

**謝辞:** 本研究の遂行にあたって、日本インシーク社の平野順俊氏、大月庄治氏、Create-C 社の仲条仁氏、藤井琢哉氏には貴重なご意見とご協力を賜った。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

1) 飯田 洋, 渡辺 信之, 佐藤 潤, 小荒井 衛: 高分解能 SAR を利用した災害状況把握, 国土地理院時報, No.9 9, pp.49-56, 2002.  
2) ESA: Copernicus Open Access Hub, <<https://scihub.copernicus.eu/>>, (入手 2023.3.31).  
3) ESA: SNAP Download, <<https://step.esa.int/main/download/snap-download/>>, (入手 2023.3.31).  
4) 国土地理院: 令和元年東日本台風に関する情報, <<https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R1.taihuu19gou.html>>, (入手 2023.3.31).  
5) 吉田 一希: 平成 30 年 7 月豪雨における浸水推定段彩図の作成, 国土地理院時報, No.132, pp.17-21, 2019.