

Sentinel-1 衛星を用いた北行、南行軌道観測画像による浸水域の調査

日本大学 学生会員 ○小澤 智弘

日本大学 正会員 羽柴 秀樹

日本大学 正会員 園部 雅史

1. はじめに

平成 29 年 7 月 22 日からの梅雨前線に伴う大雨の影響により秋田県大仙市で大規模な浸水被害が発生した。浸水被害の災害直後は迅速な復旧のため、広範囲かつ高頻度の災害状況把握が要求されることから、空中写真、ドローン空撮動画、光学衛星画像が用いられる。しかし、長期的な悪天候や夜間の場合、上記の調査では災害状況把握が困難な場合が多い。この場合、悪天候や夜間の場合でも地表面の情報を取得可能である SAR 衛星画像が有効である。

また、被災地の復旧対策をより円滑に進めるためにも、詳細な状況変化をモニタリングする必要がある。その為、災害範囲を複数の衛星で観測することにより、時間分解能を向上させて高頻度の調査を可能にしようとしている例が多い。これまでに著者らによって Sentinel-1 衛星の北行軌道からの観測データを利用した浸水域の抽出特性と精度が検討されている^[1]。

ここでは、秋田県大仙市の浸水被害を対象に、被災後の経過をより短い時間間隔で効果的にモニタリングするために Sentinel-1 衛星による異なる軌道からの両方の観測データの利用を試みた。そこから、2 通りの軌道（北行、南行）による浸水域の抽出特性の比較検討を行い、観測時間差による被災地の状況変化の把握の可能性を検討した。

2. 研究方法

2.1 対象地域

対象範囲は、平成 29 年 7 月 22 日から 24 日かけて発生した梅雨前線に伴う大雨により大規模な浸水被害が発生した秋田県大仙市協和下淀川周辺とした。

3. 解析方法

3.1 使用データ

使用する SAR 衛星画像は、観測条件が同様に被災前後に観測された Sentinel-1 衛星とした。参照用として光学衛星の Landsat-8 観測画像から得られたパンシャープン画像を用いた。加えて、災害時に撮影された国際航業株式会社の空中写真^[2]および国交省 TEC-FORCE のドローンによる空撮動画^[3]を参照した（表.1）。なお、Sentinel-1 衛星画像について、被災後について南行軌道から約 12 時間後

に北行軌道からの状況が把握されているデータを組み合わせて使用した。なお、Sentinel-1 衛星画像について、南行軌道からは被災前が 7 月 13 日 5 時 42 分に撮影され、被災後は 7 月 25 日 5 時 42 分に撮影された。また、北行軌道からは、被災前は同様の 7 月 13 日 17 時 33 分に撮影され、被災後は 7 月 25 日 17 時 33 分に撮影された。このように被災後について南行軌道から約 12 時間後に北行軌道からの状況が把握されているデータを組み合わせて使用した。

表 1. 使用データ

撮影日	画像	浸水状況	天気
7 月 10 日 10 時 14 分	Landsat-8	非浸水	晴れ
7 月 13 日（南行）5 時 42 分	Sentinel-1	非浸水	晴れ
7 月 13 日（北行）17 時 33 分	Sentinel-1	非浸水	曇
7 月 24 日	空中写真	浸水	曇
7 月 25 日（南行）5 時 42 分	Sentinel-1	浸水	曇
7 月 25 日（北行）17 時 33 分	Sentinel-1	浸水	曇
7 月 26 日 10 時 14 分	Landsat-8	浸水	晴れ

3.2 浸水域の判読

Sentinel-1 衛星画像による浸水域の判読および抽出結果の評価のため、被災前後の Landsat-8 衛星画像と国際航業株式会社による空中写真^[2]とドローンによる空撮動画^[3]を用いて浸水域を目視により作成した。

3.3 2 時期カラー合成画像による特徴把握

被災前後に観測された Sentinel-1 衛星画像を用いて 2 時期カラー合成画像を作成した。これらと作成した浸水域を比較し、2 時期カラー合成画像の特長を把握した。

3.4 浸水域抽出のための閾値の算出

被災前後に観測された Sentinel-1 衛星画像を用いて後方散乱強度(σ_0 dB)へ変換後に差分画像を作成した。さらにスペckルノイズの除去のため Lee フィルターを用いた。なお、ウィンドウサイズは 3×3 とした。これらから浸水域の抽出のため、(1)式より災害前後の後方散乱強度の差分画像を作成した。さらに浸水域の閾値の決定には、リュウ・ウェン^[4]らによる、後方散乱強度のヒストグラムの平均値(μ)と標準偏差(σ)を用いる閾値決定手法の(2)式を採用した。平均値(μ)、標準偏差(σ)は、差分画

キーワード：SAR 浸水 後方散乱 二回散乱 水害

連絡先：〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 日本大学理工学部土木工学科羽柴研究室

Tel : 03-3259-0669 E-mail : hashiba3@civil.cst.nihon-u.ac.jp

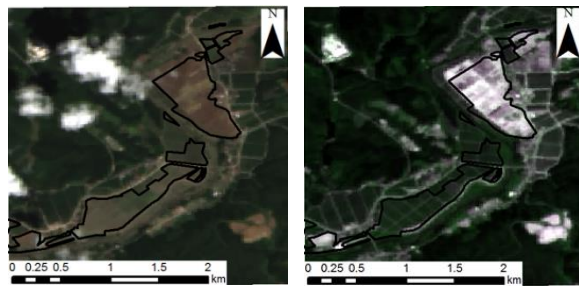


図1 (左) 災害前の Landsat-8 パンシャープン(7/10)
図2 (右) 災害後の Landsat-8 パンシャープン(7/26)

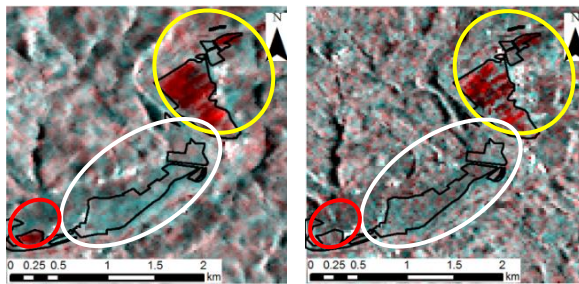


図5 (左) 2時期カラー合成画像(南行軌道)
図6 (右) 2時期カラー合成画像(北行軌道)



図3 浸水状況(空中写真) 図4 浸水状況(空中写真)(7/24)

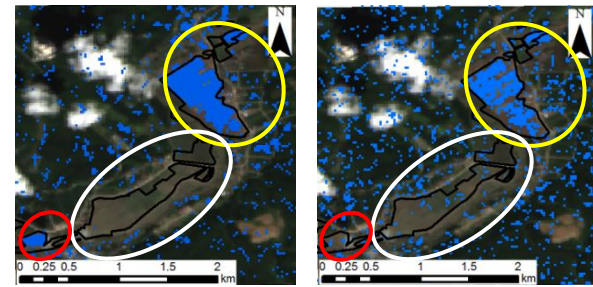


図7 (左) SAR 差分解析による浸水域抽出画像(南行軌道)
図8 (右) SAR 差分解析による浸水域抽出画像(北行軌道)

像より算出した。浸水範囲は(3)式より閾値以下の範囲とし、抽出した。

$$\text{Diff} = \sigma_0 \text{ dB(after)} - \sigma_0 \text{ dB(before)} \quad (1)$$

$$T = \mu - \sigma \quad (2)$$

$$\text{Diff} \leq T \quad (3)$$

4. 結果

4.1 2時期カラー合成画像による判読結果

災害前後の2時期カラー合成画像(図5,図6)より、後方散乱強度が災害後に比べ災害前が大きい場合は薄い青色、逆の場合は赤色を示す。南行軌道画像(図5)では、黄枠と赤枠、北行軌道画像(図6)では黄枠で囲われた範囲は赤く色で表示されていることから、災害前の後方散乱強度が高いことがわかる。これは浸水により後方散乱強度の低下が要因と考えられる。また赤枠と黄枠は、浸水を示す赤色が減少している。これは、2つの軌道画像に12時間の時間差があることから、排水や土中への浸透が進行し、浸水域が減少したと考えられる。また、両軌道において白枠の範囲は浸水域として判読不能であった。この理由として水稻作付地の稲と水面で形成される2面反射による後方散乱強度の増加が要因と推察された。

以上の結果、黄色枠内においては12時間で浸水域が弱冠減少していると考察された。また、赤枠内については浸水域が大きく減少していることが考察された。

4.2 差分画像による浸水域の抽出結果と精度への影響の評価

著者ら^[4]により北行方向での浸水域抽出精度は、裸地面上的浸水については57.0%、水稻作付地の浸水については抽出精度が低い傾向が確認されている。北行方向の撮影時間より12時間前の南行軌道からの画像による抽

出結果は、裸地面上的浸水については68.7%であり北行方向の結果よりやや大きな結果となった。なお勾配のある山地域上の抽出は誤抽出と判断した。

以上の検討から、2つの軌道観測の取得時間差である12時間の経過に伴い、北行軌道画像(図8)の黄枠および赤枠において浸水域が減少していることがモニタリングできたと考えられる。

5. まとめと今後の展開

本研究では、災害前後に観測された北行軌道と南行軌道の Sentinel-1 衛星画像を用いて浸水域を2時期カラー合成画像および差分画像を用いて抽出した。その結果、南行、北行軌道画像では、裸地面上的浸水域を判読可能であったが、水稻作付地は判読が困難であった。また、衛星画像の取得時間差による浸水域の減少が確認された。今後は、さらに複数の SAR 衛星画像による高時間分解能な観測状況を用いて浸水域の抽出を行う予定である。

ACKNOWLEDGEMENTS : Sentinel-1 data courtesy of the Copernicus.

Landsat-8/OLI image available from the U. S. Geological Survey.

Using aerial photography were observed by Kokusai Kogyo

参考文献

- [1]小澤ら：Sentinel-1 衛星画像を用いた浸水域の推定、第45回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集、04-019、2018。
- [2]国際航業株式会社：平成29年7月秋田県豪雨災害航空写真、<http://www.kkc.co.jp/service/bousai/csr/disaster/201707_akita/index.html> (閲覧日:2017/11/27)
- [3]国土交通省：TEC-FORCEによるドローン映像、<https://www.youtube.com/watch?v=mtcdlWUq_k> (閲覧日:2017/12/23)
- [4]リュウ・ウェンら：高解像度 SAR を用いた東北地方太平洋沖地震における津波湛水域と建物の抽出、日本地震工学会論文集、第12巻、第6号、pp. 13、2012