

U3 PALSAR-2 画像による 2018 年 7 月西日本豪雨の浸水域把握

Extraction of flooded areas due to the July 2018 Western Japan torrential rain using PALSAR-2 data

○山崎 文雄¹・劉 ウェン¹・丸山 喜久¹
Fumio Yamazaki, Wen Liu, Yoshihisa Maruyama

Abstract : A series of heavy rainfalls hit the western half of Japan in the beginning of July 2018. Increased river water by the continuous rainfall overflowed and destroyed several river banks and caused destructive floods in wide areas. In this study, two pre-event and one co-event ALOS-2 PALSAR-2 images were used to extract inundation areas in Mabi town, Kuraciki City, Okayama Prefecture, Japan, which was the most severely affected areas by the floods. In this extraction, some parts of Okayama City were also seen to be inundated. The results of the extraction using sigma naught values and coherence values were validated through the field investigation by the authors and other validation data.

Keywords : PALSAR-2, land cover map, field survey, coherence, rice paddy field.

1. はじめに

2018年6月28日から7月8日にかけて、停滞した前線と台風7号の影響により、西日本を中心に広い範囲で記録的な大雨となった。この期間の総雨量は7月の平均月降水量の2倍から4倍となるところもあり、多数の地点で観測史上1位となる48時間雨量や72時間雨量などを記録した¹⁾。この豪雨により、岡山県倉敷市や愛媛県大洲市では、広域の洪水が発生した。また、広島県や愛媛県を中心に急峻な斜面で多数の土石流が発生した。

本研究では、豪雨災害の前後に被災地域を撮影した ALOS-2 PALSAR-2 画像を用いて、倉敷市および岡山市における浸水域の把握を試みる。またこの結果を筆者らによる現地調査結果および国土地理院による抽出結果などと比較し、SAR 画像による浸水域抽出の有効性と課題を示す。

2. 使用 SAR 画像と対象地域

7月豪雨において最も浸水被害が大きかったのが、倉敷市真備町である。真備町では一級河川高梁川が増水し、合流する小田川に逆流、小田川の堤防が破堤し、地域内が大規模に浸水した。この洪水により真備町では、地区の中心部において最大5mを超える浸水範囲が広がり、建物4,200棟が浸水、51名の死者が出た²⁾。

岡山県地域の時間経過としては、7月5日14時19分に大雨警報が発令され、7月6日19時39分に大雨特別警報が発令された直後から高梁川流域で急激に推移が上昇、7月7日午前0時30分頃に小田川とその支流の高馬川で氾濫が生じたとされる³⁾。

PALSAR-2による岡山県地域の緊急観測は、真備町が浸水してから約24時間後の2018年7月8日00:05に行われた。また、同じ北向軌道からの事前

画像として、2017年3月18日と2018年4月17日撮影のものがある(HH偏波、解像度約3mのStripMapモード)。これらを後方散乱係数(σ^0)に変換し、2018/7/8に赤、2018/4/17に緑、2017/3/18に青を与えたカラー合成図をFig. 1に示す。事前画像の2枚は季節が近いために値が近似している。したがって、図でシアン色に見える範囲では、事後画像で後方散乱が低下したと考えられる。

ここで範囲Iは真備町の中心部、範囲IIは岡山市北区久米付近、範囲IIIは岡山市南区一帯、範囲IVは倉敷市中庄付近、範囲Vは岡山市東区東平島付近である。範囲Iは大規模な浸水に見舞われた地区である。範囲II, IV, Vは市街地を多く含み、この図ではシアン色が目立ってはいない。図より強度の低下領域が最も広く見えるのは範囲IIIであるが、この豪雨によって浸水したとの報告はなく、事前画像撮影後に水田に引水したと考えるのが妥当であろう。このように、画像の撮影時期により、とくに水田は洪水浸水域と区別がつきにくいと考えられる。



Fig. 1 Color composite of three-temporal PALSAR-2 images for Kurashiki and Okayama City area

3. コヒーレンスによる浸水域抽出

単偏波の SAR 画像に関して、陸域が洪水で浸水すると、2 時期間のコヒーレンスが大幅に低下する。

¹正会員 千葉大学 大学院工学研究院
(所在地 〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33)
(連絡先 Tel:043-290-3557 E-mail: fumio.yamazaki@faculty.chiba-u.jp)

したがって、位相情報も含むコヒーレンスを用いた浸水域の抽出もよく行われる。しかし、浸水範囲が都市域なのか、農地・草地や水田なのかによって、浸水前後のコヒーレンスに差が生じる⁴⁾。

また、事前画像が2シーンある場合には、事前ペア画像によるコヒーレンスと災害前後画像のコヒーレンスを計算し、その差を調べるとより災害による変化かどうか見分けやすいこともある⁵⁾。さらに、事前・事後画像の撮影時期が極めて重要で、植生や農作物の生育状況に大きな違いがあると、後方散乱に変化が生じ、2時期のコヒーレンスは低下する⁶⁾。したがって洪水浸水域の抽出において、水田は最も誤抽出に陥りやすいと考えられる⁷⁾。

Fig. 1と同じ範囲に対して、事前画像ペアのコヒーレンスにシアン色、前後画像ペアのコヒーレンスに赤色を与えたカラー合成を**Fig. 2**に示す。また、この範囲におけるJAXAによる10mメッシュの土地被覆分類⁸⁾を**Fig. 3**に示す。カラー合成図でシアン色に見える範囲は、洪水前後ペアのコヒーレンスが事前ペアのものに比べて低下した範囲であり、主に浸水した都市域や農地などと考えられる。範囲Iではとくにシアン色の範囲が広く、範囲II, IV, Vなど**Fig. 1**では目立っていなかった範囲においてもシアン色となり、浸水している可能性がある。浸水していない都市域では両方のペアともにコヒーレンスが高いため、白っぽく明るい。森林は前後画像ペアでコヒーレンスが高いため赤っぽく見える。

一方、**Fig. 1**でシアン色に見えた範囲IIIなどは暗くなっており、2ペアのコヒーレンス値ともに低い。これは事前画像ペアはともに田植え前で水が張られていないが、1年1ヶ月の時間差がありほぼ平坦地なのでコヒーレンスが低く、前後画像ペアは、洪水によらずとも水田の水張りでコヒーレンスが低いと考えられる。仮にこの範囲が浸水していたとしても同様の見え方である可能性もあるが、道路が明瞭に見えていることから、少なくとも路面までは冠水していないと考えられる。

3. 強度とコヒーレンスによる浸水域抽出

水面であるかそれ以外の地表面の状態であるかは、1時期の後方散乱係数に閾値を与えることで、ほぼ抽出することができる⁹⁾。ここでは、**Fig. 3**で安定した水域となっている範囲の σ^0 を各画像で計算し、その平均値+標準偏差 x2以下の値の範囲を各画像におけるその他の水面と見なすことにした。その結果抽出された水面領域を**Fig. 4**に示す。土地被覆図で水田の範囲IIIなどは、水張りが無い状態でも σ^0 の値が低く、とくに波長の長いLバンドでは、水面との明瞭な区別はつきにくい。

事前の2時期画像で水面に近いと見なされた範囲

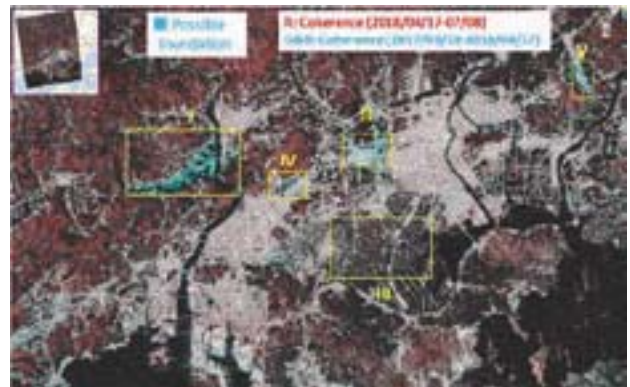


Fig. 2 Color composite of the pre-event and co-event coherences

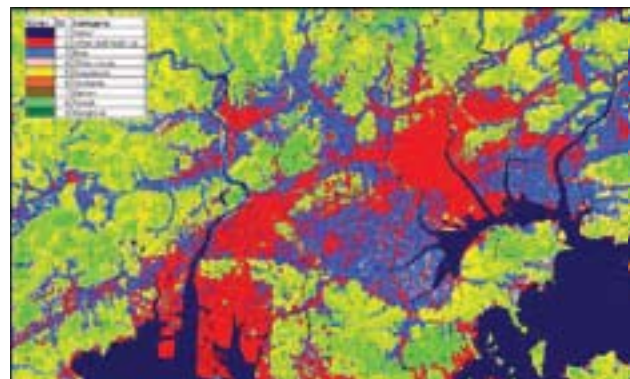


Fig. 3 Land cover map by JAXA⁸⁾

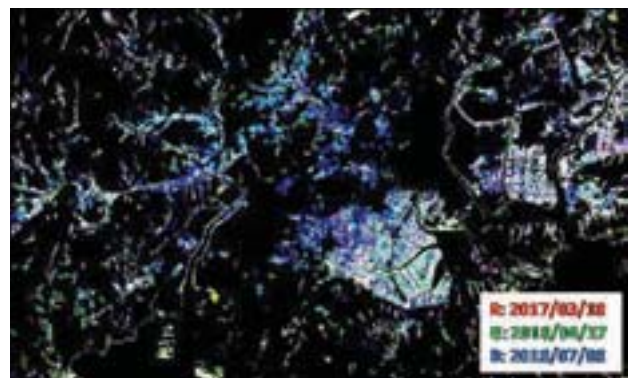


Fig. 4 Color composite of the water regions extracted by the threshold of σ^0 for each image

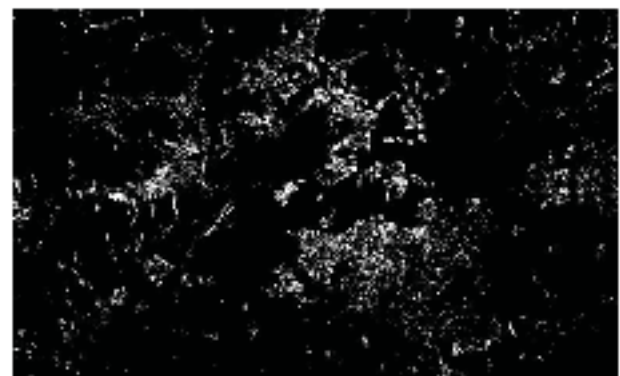


Fig. 5 Additional water regions in the co-event image after removing the pre-event water surfaces

を除いた 7 月 8 日画像における新たな水面領域を Fig. 5 に示す。これらの抽出領域の土地被覆を見ると大半が水田となっており、洪水で冠水した水田を抽出したものと考えられる。一方、市街地で抽出できたのは、範囲 I の真備町中心部のみで、浸水がそれほど甚大ではない市街地では、強度画像のみによる抽出は困難である可能性が指摘される⁹⁾。

そこで3時期のコヒーレンスも利用することにした。数値的にコヒーレンスの低下を求めするため、ここでは事前ペアと前後ペアのコヒーレンス差を計算し、例として範囲 I に対して Fig. 6 に示す。この図で赤色に見えるコヒーレンス値の低下の大きいところは、土地被覆を見ると主に市街地であることが分かった。したがって、もともと事前ペアのコヒーレンス値が高い市街地に関しては、他の研究者も指摘するように^{4), 5)}、コヒーレンスの低下で浸水域の抽出を行う方が有効と考えられる。

コヒーレンス差の閾値として、仮に平均値ー標準偏差 x2 を与えた結果を Fig. 7 に示す。ここで欠落を埋めるため、5x5 の Closing Filter を適用した。図中の色は、土地被覆分類を表しており、抽出された範囲が主に市街地であることが分かる。

このようにコヒーレンス差により抽出された主に市街地の浸水範囲と、強度の閾値から抽出された主に農地や草地の浸水範囲を足し合わせたものを真備町を例にして Fig. 8 に示す。この結果を国土地理院による航空写真判読結果¹⁰⁾と比較すると、真備町中心市街地の浸水状況とよく合致している。ただし、航空写真は 7 月 7 日日中に撮影されたもので、PALSAR-2 はその日の深夜に撮影されたものであるため、後者の方がやや浸水範囲が狭い。また、周辺の農地の浸水に関しては、本研究では抽出されているが、国土地理院ではとくに行っていない。

4. コヒーレンスによる岡山市北区の浸水域抽出

範囲 II で示した岡山市北区久米付近に関するコヒーレンス差を Fig. 9 に示す。これより Fig. 7 と同じ閾値を設定して、抽出された領域と対応する土地被覆分類を Fig. 10 に示す。これより範囲 II においては、7 月 7 日深夜時点においても、一部の市街地で浸水していた可能性がある。しかし、残念ながら、この地域を対象に撮影された航空写真や被害報告は見つからなかった。そこで筆者らは、2018 年 7 月 16 日に範囲 II 周辺の現地調査を行った。

その結果、この付近では 7 月 6 日から 7 日にかけて内水氾濫が発生し、一部の建物で床上浸水の被害を受けていたことが確認された。しかし、真備町などと比べて浸水の規模も被害も格段に小さいために、殆ど注目されていなかったといえる。

真備町以外の倉敷市や岡山市における浸水状況

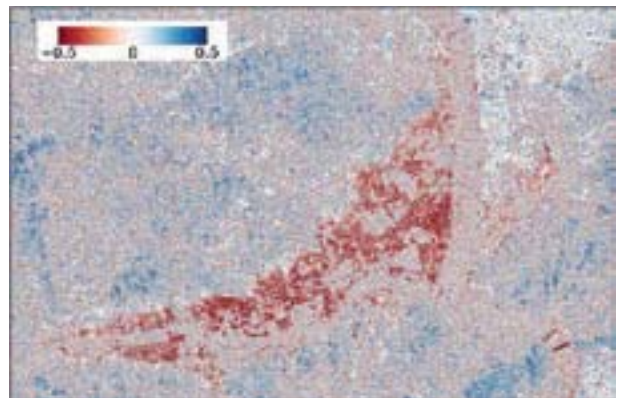


Fig. 6 Difference of the pre-event and co-event coherence values for the Mabi town area (I)

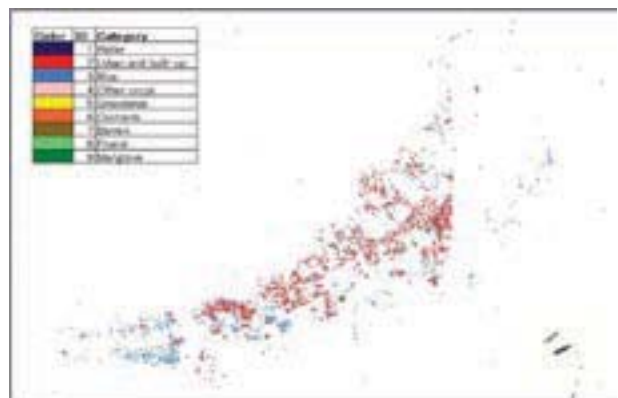


Fig. 7 Extracted inundation areas by the threshold of coherence difference for the central Mabi town (I) after applying closing filter of 5x5. Colors indicate land covers by JAXA⁸⁾.

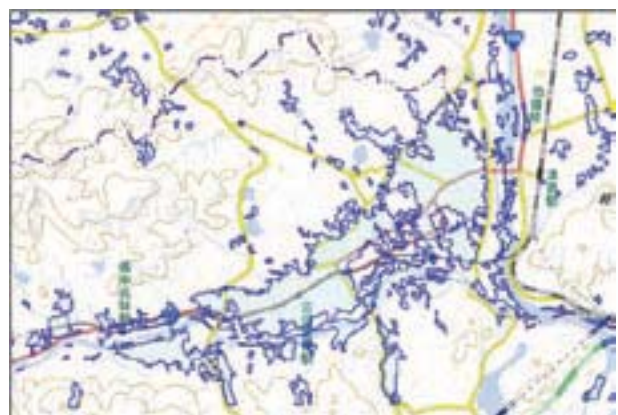


Fig. 8 Extracted inundation areas for the central Mabi town (I) by the combination of the σ^0 threshold and the coherence difference..

のデータを探していて見つけたのがウェザーニューズの Web サイト¹¹⁾である。同社では浸水の全体像が分からない 7 月 7 日 18 時から緊急アンケートを行い、9 日 18 時までに約 2.2 万件の回答を得た。岡山市・倉敷市の付近における回答結果を Fig. 11 に示す。この図には範囲 I-V を加筆しているが、大変興味深いアンケート結果が得られている。

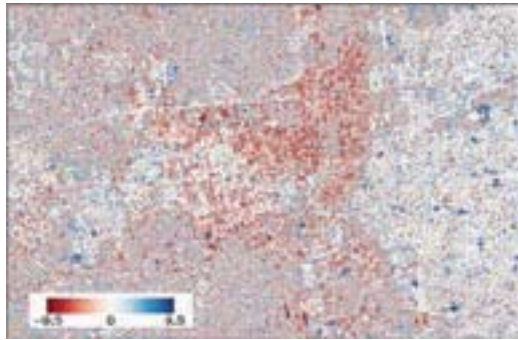


Fig. 9 Difference of the pre-event and co-event coherence values for Kume, Kita-ku, Okayama City (II)

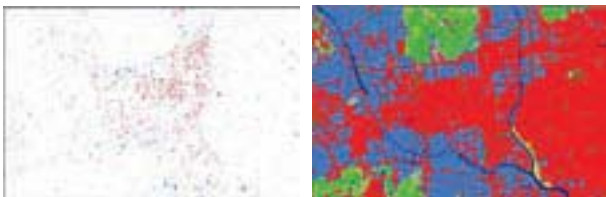


Fig. 10 Extracted inundation areas by the threshold of coherence difference (left) and JAXA's land cover map (right) for the area (II)



Fig. 11 The result of emergency questioner survey by Weathernews¹¹⁾ for Kurashiki and Okayama Cities

真備町に関しては「腰以上の高さ」が1件のみで、誰も回答できるような状況でなかったことが伺える。我々が現地調査で確認した範囲IIにおいては、「ひざ以上の高さ」という回答が10件近くある。また、情報が得られていない範囲VI, Vについても、「ひざ以上の高さ」や「足首以上の高さ」という回答が複数得られており、水位が最も高かった時点における市街地の浸水が確認できたといえよう。一方、範囲IIIに関しては「大きな水たまり程度」という回答が2件ある程度で、内水氾濫の情報はない。以上より、このようなクラウドソーシング型の調査も、災害情報の有力な収集手段といえよう。

5. まとめ

PALSAR-2による観測データを用いて、2018年7月に西日本を襲った豪雨災害による岡山県におけ

る洪水範囲の抽出を行った。事前2時期、洪水発生直後1時期の計3時期の強度画像およびコヒーレンス値を用いて、浸水域の抽出を行った。その結果、非市街地の水域は強度値から抽出できるが、市街地ではコヒーレンス値の方が有効であること、また水田は水張りや稲の生育状況の影響が大きく、これらの考慮が必要なが示された。

今後は、現地調査データや他の検証データも加えて、SAR画像からの浸水域抽出の精度向上を目指す。

謝辞

本研究で使用したPALSAR-2データは、ALOS-2第6回研究公募(RA-6)「PALSAR-2の干渉SARによる地盤変状の把握:PI_3243 劉ウェン」の一環としてJAXAより提供されたものです。また、センチネルアジアからのPALSAR-2の緊急観測情報を参照しました。記して謝辞を表します。

参考文献

- 1) 気象庁：平成30年7月豪雨（前線及び台風第7号による大雨等），<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2018/20180713/20180713.html>
- 2) 岡山県：平成30年7月豪雨に関する資料，<http://www.pref.okayama.jp/site/403/list433-1933.html>
- 3) 国土技術開発センター：平成30年7月西日本豪雨現地調査報告，<http://www.jice.or.jp/cms/kokudo/pdf/reports/disaster/12/2018nishinihon.pdf>
- 4) 大木真人，渡邊学，夏秋嶺，本岡毅，永井裕人，田殿武雄，鈴木新一，石井景子，伊藤拓弥，山之口勤，島田政信：ALOS-2 PALSAR-2 データによる平成27年8月関東・東北豪雨の洪水域，日本リモートセンシング学会誌，36(4)，348-359，2016。
- 5) 夏秋嶺，渡邊学，大木真人，本岡毅，鈴木新一，島田政信：ALOS-2 PALSAR-2 の ScanSAR モードを併用した三時期コヒーレンス解析による火砕物の検出，日本リモートセンシング学会誌，37(1)，1-12，2017。
- 6) 木村篤史，島村秀樹：2 時期の高分解能 SAR データを用いた水田利用形態の分類，写真測量とリモートセンシング，54(3)，118-132，2015。
- 7) JAXA，国土交通省：災害時の人工衛星活用ガイドブック 水害版・浸水編，2018。http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/bousai/jinkoueiisei/guidebook_suigai.pdf
- 8) 小林健一郎，奈佐原頭郎，田殿武雄，大串文美，道津正徳，段理紗子：多時期土地被覆情報データセット“SACLAJ”の開発，日本リモートセンシング学会第61回学術講演会論文集，89-90，2016。
- 9) W. Liu, F. Yamazaki, Detection of inundation areas due to the 2015 Kanto and Tohoku torrential rain in Japan based on multi-temporal ALOS-2 imagery, Natural Hazards and Earth System Sciences, 18, 1905-1918, 2018.
- 10) 国土地理院：平成30年7月豪雨に関する情報，<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H30.taihuu7gou.html>
- 11) ウェザーニュース：平成30年7月豪雨の浸水被害報告2万件を分析，2018，<https://jp.weathernews.com/news/23807/>