

衛星 SAR 画像で見る令和元年東日本台風による長野市北部の浸水状況

山口大学 正会員 ○白水 元
山口大学 正会員 朝位 孝二

1. はじめに

令和元年東日本台風（令和元年台風第 19 号）は 2019 年 10 月 12 日に日本に上陸し、関東甲信地方、東北地方などで記録的な大雨をもたらした。その結果、全国で建造物 10 万棟弱の被害が確認され、人的被害も死者 104 名、行方不明者 3 名となる甚大な災害となった¹⁾。このような大規模な降雨に対応して、L バンド SAR(合成開口レーダー)である PALSAR-2 を搭載した衛星だいち 2 号(ALOS-2)による観測が行われた。本稿では、千曲川流域における発災直後の観測結果から、長野市北部地区の浸水状況を確認し、衛星 SAR 画像と数値標高モデル (DEM) を利用した 10 月 13 日正午ごろの長野市北部の浸水深解析の結果と痕跡高との比較による検証を行う。

2. PALSAR-2 による発災直後の観測

千曲川流域を対象とした発災直後の PALSAR-2 によ

る観測は、10 月 13 日 11 時 56 分開始、および、15 日 12 時 37 分開始の高分解能モード 1(単偏波、観測幅 50 km, 分解能 3 m)のものがある。これら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。衛星進行方向は衛星の南北の移動方向を示し、ディセンディングは南下しながらの観測であることを示す。北上中の観測の場合はアセンディングと表現される。また、観測方向は進行方向を正面として左側にセンサーを振った観測か右側に振った観測かを示す。オフナディア角は衛星の直下と衛星から観測対象中心を覗いた線とがなす角である。この観測のうち、浸水状況をよく反映した 13 日観測のシーン ALOS2290982870-191013 を対象に解析を行った。当該シーンのレーダー画像プロダクトは処理レベル 2.1 で、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。

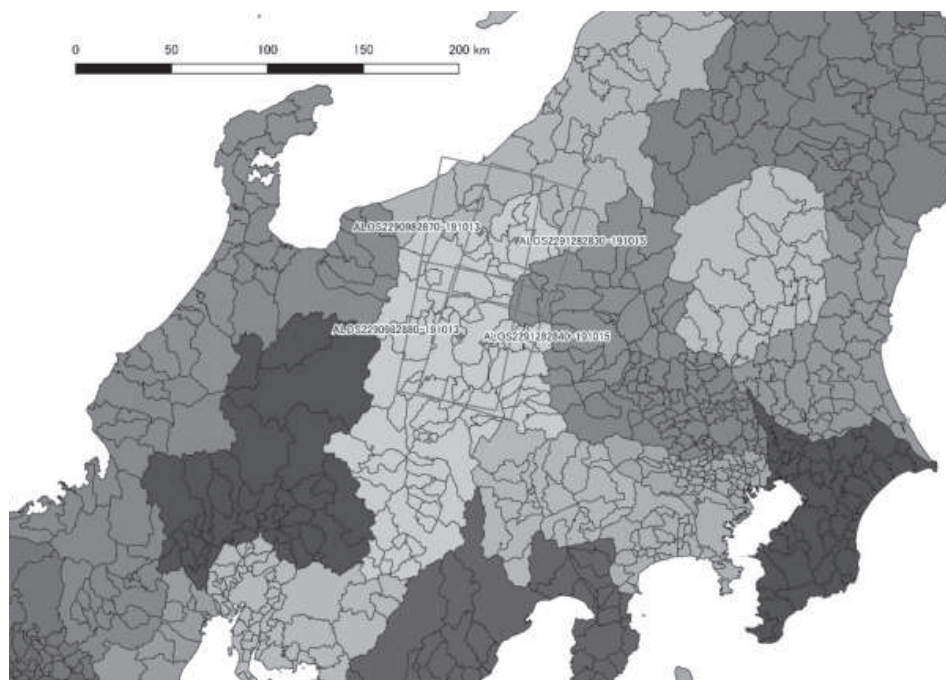


図-1 発災直後の千曲川流域を対象とした高分解能モード 1 での観測

キーワード リモートセンシング, 災害調査, 台風, 大雨, 令和元年東日本台風

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部 社会建設工学科

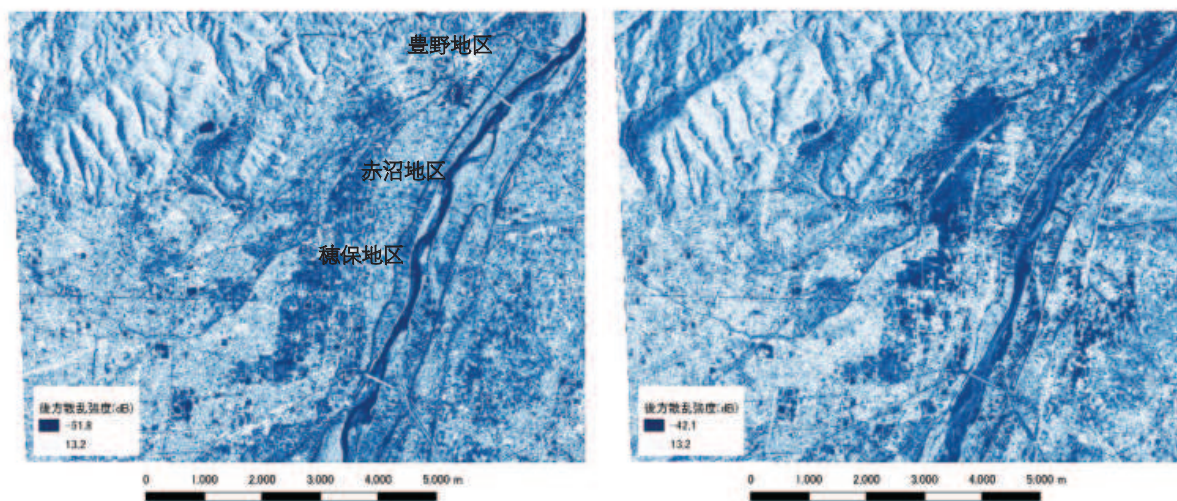
T E L 0836-85-9319

表-1 発災直後の千曲川流域を対象とした高分解能モード1での観測

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
ALOS2290982870-191013	2019/10/13 11:56	ディセンディング	右側観測	25.6	HH
ALOS2290982880-191013	2019/10/13 11:56	ディセンディング	右側観測	25.6	HH
ALOS2291282830-191015	2019/10/15 12:37	ディセンディング	左側観測	42.7	HH
ALOS2291282840-191015	2019/10/15 12:37	ディセンディング	左側観測	42.7	HH

表-2 解析に利用した発災前に行われた観測

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
ALOS2238710760-181024	2018/10/24 23:01	アセンディング	左側観測	32.4	HH



左：2018/10/24 の観測

右：2019/10/13 の観測

図-2 発災前後の長野市北部のレーダー画像比較

3. 衛星 SAR 画像で見る長野市北部の氾濫域

上記の千曲川流域を対象とした発災後の観測の結果を、表-2 に示す昨年の同シーズンの観測を発災前として比較しながら確認する。この観測は、観測軌道の条件が解析対象の発災後の観測とは異なる。図-2 は発災前後の PALSAR-2 画像を示す。図は後方散乱係数（dB 値）を示したもので青色が濃くなるほど散乱係数が小さいことを表す。水面では鏡面反射を起こすため、衛星に戻ってくる後方散乱成分が少なくなる。つまり散乱が小さい領域は河川、湖沼、圃場などの水域であるか、内水や外水による浸水域であることも疑われる。発災後画像では長野市穂保・赤

沼・豊野地区の浸水と対応したと考えられる広域の散乱係数の低下が確認できる。

4. 浸水深推定

レーダー画像の前後比較により浸水範囲を求め、地盤高の情報と照合し浸水深を推定した結果を示す。図-3 は発災前後画像の加色混合処理を行い、浸水域を判読した結果を示す。加色混合処理は、それぞれ単バンド画像である発災前後のレーダー画像をカラー画像の Red のバンド、および Blue・Green のバンドに割り当てたものである。発災前後の画像間で変化のなかった箇所は白色になり、水域化した箇所は散乱係数が非常に低いため Blue・Green バンドの値

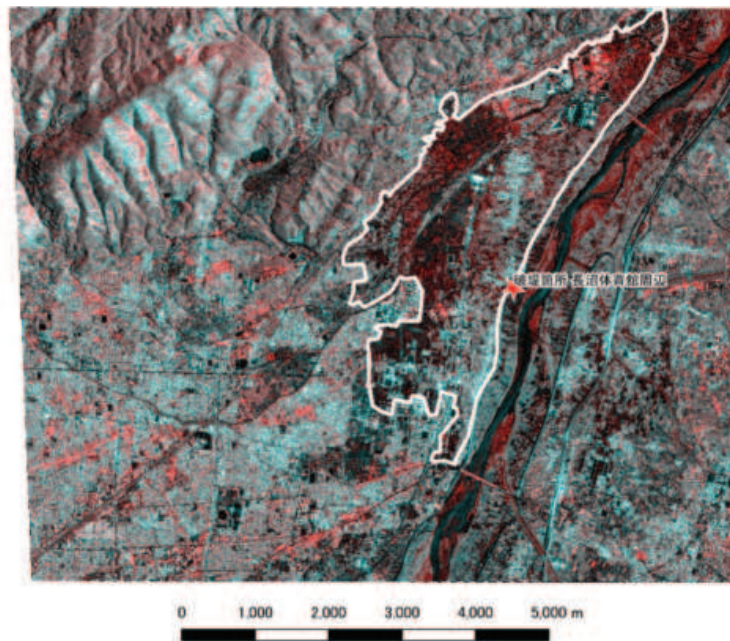


図-3 浸水域判読

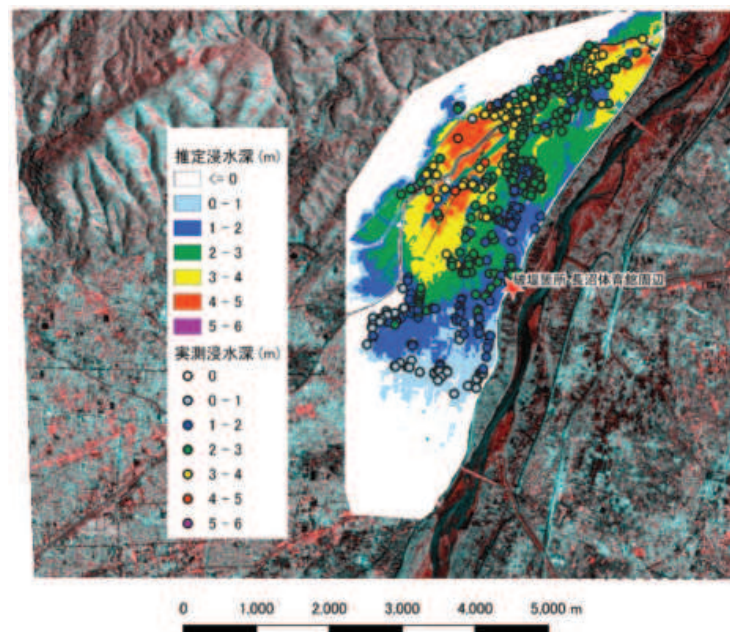


図-4 推定浸水深分布

も低くなることから、視覚的には赤色が卓越する。GIS（地理情報システム）上で穂保地区の長沼体育館近くの破堤箇所周辺から、水域化した箇所の判読を開始し、千曲川支流の浅川や鳥居川が流れる豊野地区周辺まで包含した水域を囲ったポリゴンを作成した。その後、この浸水域ポリゴン辺縁の地盤高データ（DEM）を参照した。これらはつまり、浸水域境界の地盤高であり、それらの平均値を浸水域ポリゴン内の仮想水面高とした。この仮想水面高と地盤高の差を推定浸水深として求めた。その分布を図-4に示す。ここで、図中の○は土木学会調査団による浸水痕跡

調査、および山口大学山本晴彦教授らの浸水痕跡調査の結果を、浸水深分布と同様の浸水深階級で表示したものである。また、この実測浸水深に対して推定浸水深の対応について整理した（図-5）。浸水深が2 mより大きい箇所では本解析による推定はよく実測に対応している。浸水が浅い箇所では推定値が実測値に対して低く見積もられている。これは、図-6で示す実測浸水位から仮想水面高を引いた差分を確認すると、浸水範囲の上流側や、下流側でも支流浅川の左岸側の一部で仮想水面高が低く見積もられていることが影響していることがわかる。これは水面

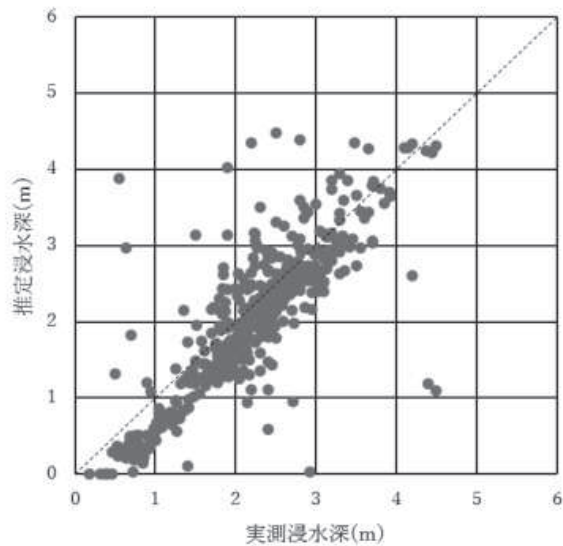


図-5 実測浸水深と推定浸水深の対応

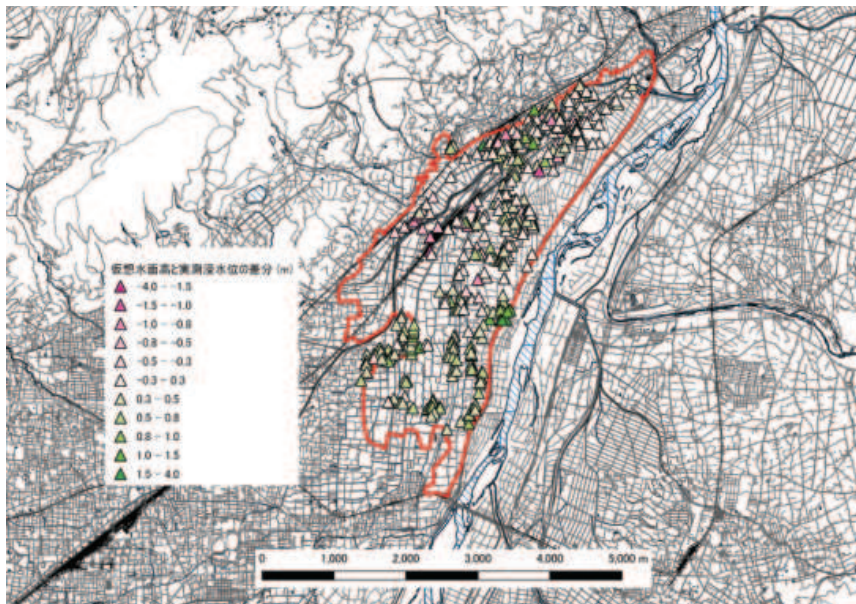


図-6 仮想水面高と実測浸水位の差分

の勾配を考慮せず，浸水域境界の地盤高平均値を水面高として一様に分布するとしたことが原因である。

5. まとめ

10月13日正午ごろに行われたPALSAR-2観測は長野市北部の浸水状況をよく捉えており，レーダー画像と数値標高モデル(DEM)を利用した浸水深推定では，解析対象域全域では痕跡高調査とよく対応した結果を得られた．その中で過小評価をしている箇所は破堤部や支川など流れの影響下にあり，その他の貯留が卓越するような箇所ではおおむね実測に沿う浸水深を推定できた．

謝辞

山口大学大学院創成科学研究科の山本晴彦先生には痕跡高の計測結果を，JAXA 西日本衛星防災利用研究センターにはPALSAR-2画像プロダクトをご提供頂いた．ここに謝意を表す．

参考文献

- 1) 消防庁災害対策本部，令和元年台風第19号及び前線による大雨による被害及び消防機関等の対応状況（第66報）