

3. 天然ダム調査及び監視

3. 1 衛星 SAR 画像による天然ダム形成状況調査

3.1.1 調査の背景・経緯

国土交通省では、一定規模以上の河道閉塞に対し、改正土砂災害防止法に基づき市町村長が適切に避難指示ができるよう、緊急調査を実施することとなっている。平成 23 年の台風 12 号による紀伊半島における災害では、17 箇所¹⁾の河道閉塞箇所が発見され、うち 5 箇所において国土交通省による緊急調査が実施された。河道閉塞箇所の緊急調査を実施する上では、広範な地域から迅速に河道閉塞箇所を推定・確定すること、また、対策を実施する上では、河道閉塞の湛水がより少ない段階において、迅速に河道閉塞箇所を発見することが必要である。しかしながら、ヘリ調査が行うことのできない夜間や悪天候時には河道閉塞箇所の探索を行うことはできていなかった。本節では、夜間や悪天候時においても地表の状態を観測可能であり、四川大地震の崩壊地の推定¹⁾等により、河道閉塞を引き起こすような大規模崩壊箇所の推定ができる可能性の高い技術である高分解能合成開口レーダー（以下、高分解能 SAR）画像の判読を台風通過直後に実施し、夜間の悪天候下においても山間部の未確認の天然ダムを探索発見することに成功し、より迅速な改正土砂災害防止法に基づく緊急調査開始や下流の住民避難につながった事例について報告する。

3.1.2 台風通過直後における高分解能 SAR 画像の判読

判読には、台風 12 号通過後の 9 月 5 日に撮影のドイツの高分解能 SAR 衛星 TerraSAR-X の画像（波長：X バンド、撮影モード Strip Map、分解能約 3m、観測幅東西約 30km×南北約 50km、入射角 39.21°、軌道 Ascending）を使用した。撮影範囲は奈良県十津川村を中心とする図-3.1.1 の範囲である。また、画像判読実施のタイムラインは表-3.1.1 のとおりである。9 月 5 日に行われたヘリ調査は、雲が多く、長殿地区の河道閉塞箇所が確認できたのみで終了した。得られた長殿地区の位置情報を衛星画像判読チームに送付し、長殿地区と同様の画像パターンを探した。加えて、河川流路の埋塞、尾根及び谷地形の不自然の歪み、滑落崖部分の画像の暗転、崩壊土砂上流の湛水域の画像の暗転の探索により、河道閉塞箇所の推定を行った。判読に際しては、自治体境界、災害前 ALOS パンシャープン画像、国土地理院 10m メッシュ DEM を補助的にリファレンスに使用した。高分解能 SAR 衛星の判読にあたっては、画像判読のみならず、ヘリ・地上調査の結果、災害前光学衛星画像等のリファレンス情報、本省・地方整備局発表資料、報道等の災害に係る情報を収集し、総合的に判断を行った。

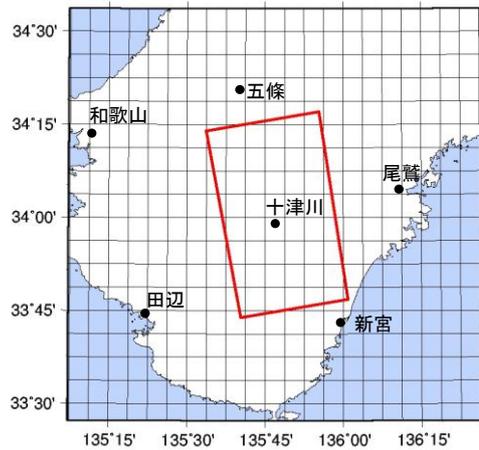


図-3.1.1 撮影範囲（図中の四角囲み）
 （観測幅東西約 30km×南北約 50km）

表-3.1.1 画像判読実施のタイムライン

< 9月5日 >

AM1:30 頃 TerraSAR-X 観測依頼

PM14:00～ ヘリ調査により長殿地区の河道閉塞箇所のみ発見。空中写真は雲が多く撮影できず、ヘリによる断片的情報のみ。

PM5:53 TerraSAR-X 画像撮影

この間、判読作業のため長殿地区の位置情報を衛星画像判読チーム（約 10 名）に送付。

PM9:00 頃 判読開始

高分解能 SAR 画像において、長殿地区の崩壊地と湛水池が判読できた。長殿地区と同様の画像パターンを探した。約 4 時間で終了。

< 9月6日 >

AM1:30 頃 判読終了、赤谷地区、栗平地区等 8 か所の河道閉塞を抽出

AM2:00 頃 近畿地整に抽出情報を送付

AM10:00 頃～ 高分解能 SAR 判読で抽出されていたヘリ調査により赤谷地区、栗平地区の河道閉塞を確認

夕方 改正土砂災害防止法に基づく緊急調査実施を報道発表

< 9月8日 >

土砂災害緊急情報の発表、五條市・十津川村避難指示発令、住民避難

3.1.3 河道閉塞箇所の推定と結果の評価

高分解能 SAR 画像の判読により、図-3.1.2 のとおり、河道閉塞の候補として、確度が高い箇所（以下、確度高）が6箇所（長殿地区含む）、確度が低い恐れのある箇所（以下、確度低）が4箇所抽出された。6日の日の出前に近畿地方整備局に抽出情報を送付し、当日のヘリ調査により新たに赤谷地区、栗平地区の河道閉塞が確認され、緊急調査に移行した。8日には緊急調査から得られた計測結果に基づいて、土砂災害緊急情報が発表され、五條市、十津川村での避難指示発令、住民避難へとつながった。

抽出結果の評価としては、確度高の6箇所は全て河道閉塞を抽出しており、特に、緊急調査対象となった赤谷地区、栗平地区の河道閉塞箇所を抽出していた。また、確度低の4箇所についても、2箇所で河道閉塞（坪内）、大規模崩壊を抽出していた（図-3.1.2、図-3.1.3）。

今回、使用した画像は Ascending 軌道の単画像であり、レーダー照射方向（今回は西から東）、入射角等の関係で抽出できなかった河道閉塞（例えば北股地区）、大規模崩壊も存在した。災害対応実施上の時間的制約はあるものの、Ascending、Descending の2つの軌道、異なった入射角の画像判読を行うことにより、判読精度の向上を図ることができる可能性がある。

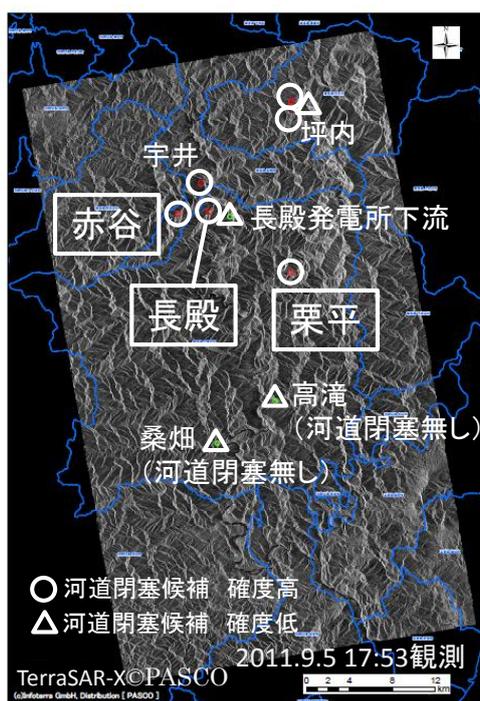
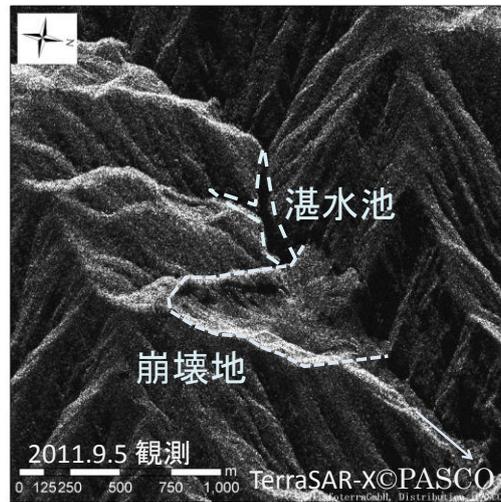


図-3.1.2 抽出箇所と結果評価
(箇所名四角囲みは緊急調査実施箇所)



長殿地区 (判読用リファレンス)



赤谷地区



栗平地区

図-3.1.3 各緊急調査対象の河道閉塞箇所の拡大画像

3.1.4 まとめ

本節では、夜間や悪天候時においても地表の状態を観測可能な高分解能 SAR 画像の判読により、河道閉塞箇所を推定・抽出、その情報提供が法に基づく緊急調査、住民避難につながった事例について報告を行った。衛星リモートセンシング技術が実際の土砂災害対応の中で実践的に利用された初めての例と言える。今後、高分解能 SAR 画像判読による河道閉塞箇所の推定の実務利用を定着させるため、①衛星撮影条件（Ascending、Descending 両軌道による斜面両側からの撮影、入射角の適切な設定、観測モード（分解能、観測幅等））②抽出可能地形条件（斜面方向、傾斜角、最小抽出可能崩壊面積）③運用体制について検討を行っていくことが必要である。特に③については、衛星ごとに回帰日数が異なるため、今回使用した TerraSAR-X に加え、現在運用中の他の高分解能衛星 COSMO-SkyMed（イタリア、X バンド）、RADARSAT-2（カナダ、C バンド）及び平成 25 年打ち上げ予定の ALOS2（日本、L バンド）の利用可能性について検討を行っていくことが必要である。

参考文献

- 1) 下村博之、比奈利廣、鵜殿俊昭、横田浩、鈴木崇、野田敦夫：高解像度合成開口レーダー画像でみた中国四川省地震による土砂移動状況、砂防学会誌、Vol. 61、No. 2、pp. 68-69、2008