

高頻度衛星画像を用いた土砂移動箇所の把握

アジア航測株式会社

株式会社アクセルスペース

○船越 和也, 織田 和夫, 角田 里美, 金 宗煥
服部 聡子, 松田 昌之, 屋木 わかな, 太井 正史
池田 義太郎

1. はじめに

土砂災害が発生した場合には、土砂発生源となる山地斜面の崩壊状況や下流の土砂移動状況を速やかに確認する必要がある。特に広域で同時多発的な土砂災害が発生した場合には、初動対応として航空機を用いた空中写真撮影による土砂移動状況の概況把握が重要となっている。一方で、豪雨による土砂災害は、災害後の天候不良や山間部での雲や霧の発生などの影響を受ける場合があり、災害後の空中写真撮影が速やかに実施できない事例も多い。

平成 29 年 7 月 5 日から 7 月 6 日の九州北部豪雨では、福岡県朝倉市や大分県日田市等に同時多発的な土砂災害を多数発生し、甚大な被害をもたらした。この災害においても、災害発生直後から、天候不良や視界不良が長く続き、空中写真撮影に適した天候に恵まれない状況があった。これに対し、近年の人工衛星コンステレーション構築により、広大な山地斜面や流域を高解像度の人工衛星で高頻度に観測することが可能となりつつある。ここでは、平成 29 年の九州北部豪雨で発生した土砂災害について、高頻度衛星で観測された画像の活用性を確認するとともに、災害発生前後の画像を比較して土砂移動箇所を抽出する手法を検討した。

2. 高頻度衛星画像の活用性

今回の検討にあたって、利用する人工衛星は、地上解像度が概ね 5m 以下で、再訪日数が概ね 1 日（ほぼ毎日）の観測が可能となっており、かつ比較的安価に画像入手可能な条件を満たすものとして、Planet Labs を選定した。

検討対象範囲は、平成 29 年 7 月の九州北部豪雨による土砂災害発生域を含む 288.7km² とした（図 1）。

表 1 本検討に用いた人工衛星の概要

衛星名	搭載センサー	地上解像度	再訪日数
Planet Labs 社 Dove	RGB・近赤外	3m	1 日

※選定時で 200 機以上の衛星コンステレーション

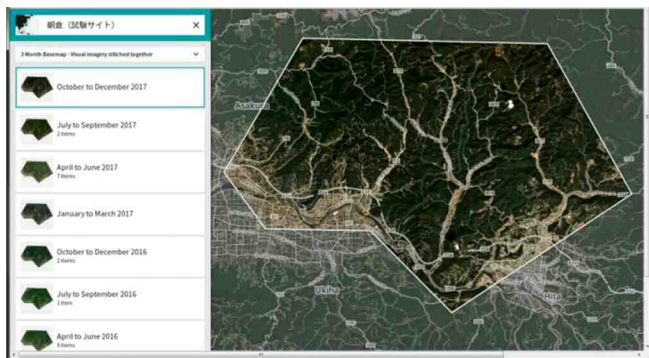


図 1 検討対象範囲と衛星画像検索(Planet Explorer)

今回の検討にあたっては、災害発生前後の期間を含む、平成 28 年 11 月から平成 29 年 12 月までのアーカイブ画像

を収集し、災害前後で活用可能な画像を抽出するとともに、年間を通じた衛星画像の取得状況や季節変化を確認した。

災害前の画像は、直近で 6 月 15 日に観測された画像が雲なしの状態では抽出されたが、災害後の画像は、災害発生から 50 日以上経過した 8 月 30 日までに雲のない画像は抽出することができなかった。このため、本検討では、災害直後の 7 月 7 日から一部に雲が存在する画像を収集し、雲域を除く可視領域がどのように変化するかを確認した。

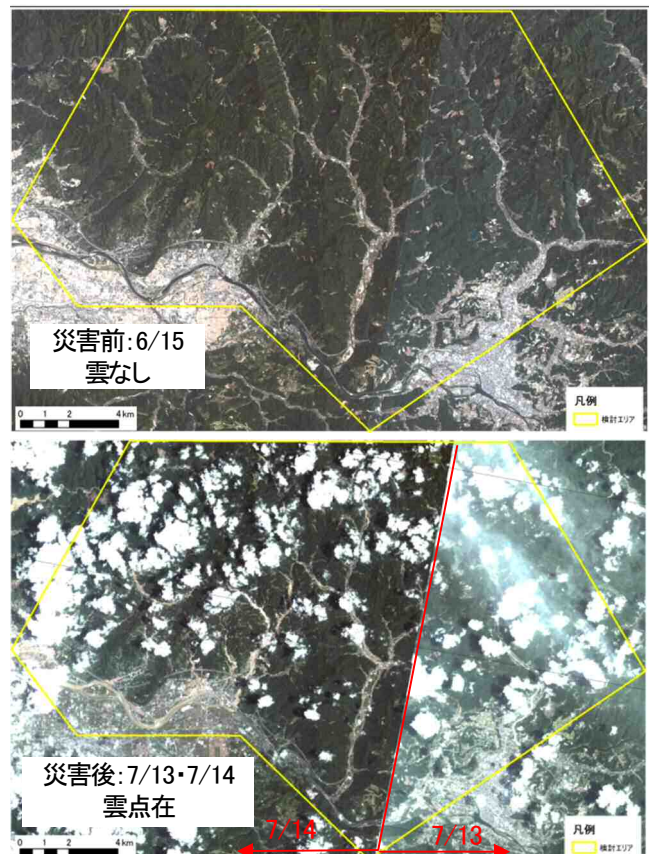
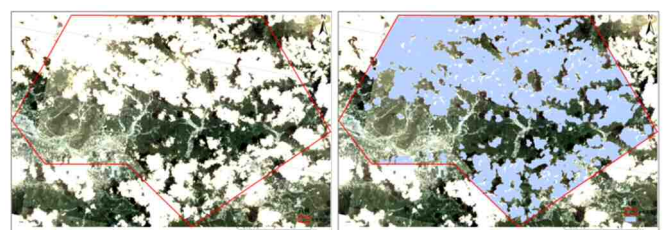


図 2 災害前後の衛星画像抽出例(上:災害前, 下:災害後)

3. 災害後の衛星画像可視領域の変化

衛星画像のなかで、災害状況を把握可能な可視領域を把握するため、画像のなかの雲域を抽出した。雲域の抽出にあたっては、機械学習を用いて自動的に画像から雲域と判定される領域を抽出した。



災害後の雲あり画像 自動抽出した雲域

図 3 災害後の抽出画像からの雲域抽出例

災害発生（7/6）後に観測された衛星画像について、雲域を自動抽出し、撮影された領域から雲域を除外した領域を可視領域として設定し、災害発生からの経過日数と可視領域の変化を整理した（図4）。可視領域の重複部を除く累計面積を見ると、災害発生後の7日経過時点（7/13）で57.4%、14日経過時点（7/20）で98.9%となっている。これに対し、航空機を利用した空中写真撮影状況として国土地理院の対応事例を見ると、7/13と7/30の2回で概ね対象範囲を包括する空中写真撮影が実施されている（ただし、2回の撮影画像には雲域が存在している）。本事例のように、災害直後の天候不良が長期化する場合にあっても、高頻度衛星画像を活用することで、相対的に早期に可視領域を広げていくことが可能となっていることが確認された。

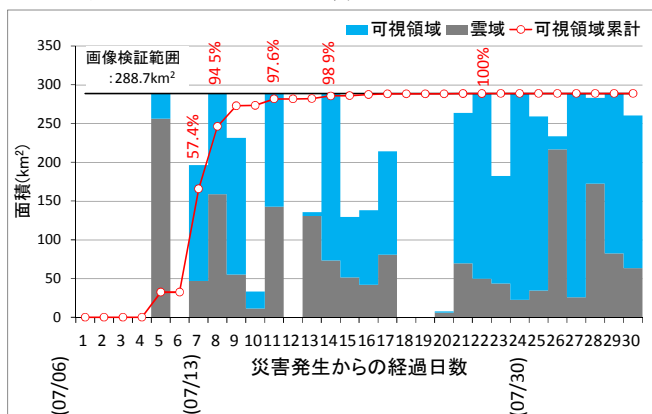


図4 災害発生後に観測された衛星画像の可視領域変化

4. 災害前後の画像比較による土砂移動域の抽出

高頻度衛星画像の特徴として、災害発生前の画像を活用できる利点を生かし、災害前後の画像を比較することで、土砂移動域を抽出する手法を検討した。

ここでは、使用した衛星の観測バンドが、RGBバンドとNIRバンド（近赤外）で取得されていることから、崩壊や土石流で植生が流亡することに着目して、植生に強く反応するRバンドとRバンドとNIRバンドによるNDVI（正規化植生指標： $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$ により算出）を用いて土砂移動が発生した可能性が高い領域を抽出する手法を試行した。

本検討対象地域のなかで、雲影響や雲影などによる影響がほとんど確認されない箇所について、画像から土砂移動域（谷底部の土砂堆積域や流下域を除く）を判読し、災害前後の変化として、Rバンド差分画像とNDVI差分画像を作成し、判読した土砂移動域の分布と比較した（図5）。

比較にあたっては、判読した土砂移動域の範囲内の画像から、それぞれの画素毎に差分値を算出した。その結果、災害前に植生被覆されていた箇所が、災害後に植生が流亡することにより、土砂移動域での差分値が大きくなっていることが確認された。一方で、今回は土砂移動域として判読していない谷底部の土砂流下・堆積域についても、同様の差分結果を示すことが確認された。

差分抽出結果の面積に対する判読結果の面積の割合をユーザ精度（UA：値が低ければ過剰抽出の傾向を示す）とし、判読結果の面積に対する差分抽出結果の面積の割合をプロデューサ精度（PA：値が低ければ抽出漏れの傾向を示す）で検証した（図6）。その結果、NDVI差分による抽出結果がPA=71%程度と良好な結果を示した。このとき、

UA=33%と低い結果となっているのは、谷底部の土砂流下・堆積域および河道部の影響が関係しているものと判断される。

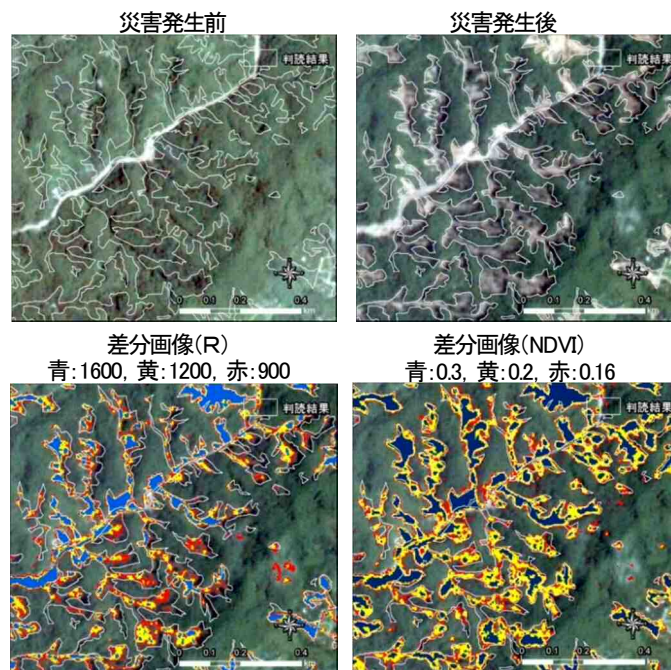
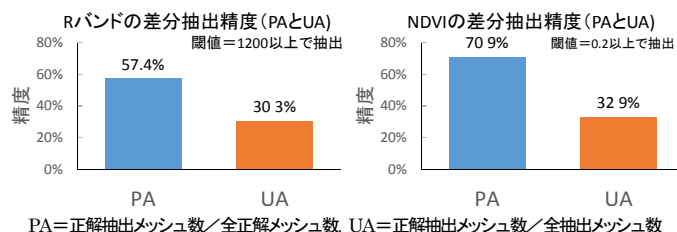


図5 災害発生前後に撮影された衛星写真の差分画像から土砂移動域を抽出した事例(RバンドとNDVIで試行)



PA=正解抽出メッシュ数/全正解メッシュ数 UA=正解抽出メッシュ数/全抽出メッシュ数

図6 災害発生前後の差分抽出結果の精度検証例 (RバンドとNDVIで試行)

5. おわりに

広大な山地で発生する土砂移動の概況を把握する場合は、高頻度に観測された衛星画像から雲域等を除外した画像を蓄積して活用することが有効であることが確認された。また、高頻度に観測された衛星画像から抽出した災害前直近の画像を活用と、災害前後の変化を容易に把握できるほか、災害前後の画像差分を解析して土砂移動域をある程度の精度で抽出することも可能となることが確認された。

本検討で利用した光学衛星画像は、夜間等で地上を可視できない条件には対応できない。このような条件下では、SAR画像の活用が有効となっているが、一方でSAR画像の結果解釈に専門技術が必要となる場合も多い。これに対し、光学衛星画像は、結果解釈が比較的容易であることから、SAR画像との相互補完利用していく手法を今後検討していくことが重要であると考えられる。

本研究は、国土交通省の平成29年度建設技術研究開発助成制度による開発費補助金を受けて実施した研究成果の一部をとりまとめたものである。

参考文献: 宇宙航空研究開発機構衛星利用運用センター、国土交通省水管理・国土保全局砂防部砂防計画課(2018): 災害時の人工衛星活用ガイドブック 土砂災害版