

## 高頻度光学衛星を用いた土砂移動域抽出手法の検討

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, 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

大規模な地震や豪雨等により広域で土砂移動が想定される場合には、土砂発生源となる山地斜面の崩壊状況等を速やかに確認する必要がある。このとき、広域で同時多発的な土砂災害の発生状況を効率的に把握する手法として航空機を用いた空中写真撮影・判読が有効であるが、より広範囲を迅速に画像確認する手法として、高解像度化と高頻度撮影化が進む光学衛星の活用も進んでいる。光学衛星は、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多いものの、多数の衛星群による高頻度撮影が可能となったことから、雲間で撮影された画像の収集と活用が期待される状況となっている。

ここでは、平成 29 年 7 月九州北部豪雨に伴い 7 月 5 日～6 日に発生した土砂災害について、高頻度光学衛星で観測された画像群の活用性を確認するとともに、災害発生前後の画像比較や機械学習を用いた土砂移動箇所の自動抽出手法を検討した。

## 2. 高頻度光学衛星画像の抽出の検討

検討に利用した光学衛星は、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）の観測が可能となる Planet Labs である。

光学衛星画像検討対象範囲は、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 288.7km<sup>2</sup>とした（図 1）。

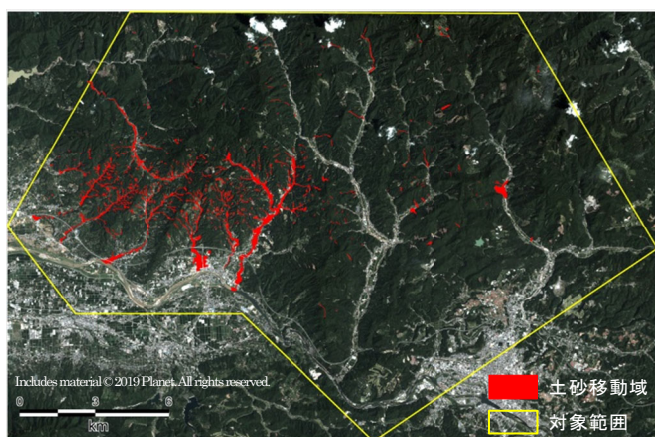


図 1 本検討の対象範囲と土砂移動域判読結果

表 1 本検討に用いた人工衛星の概要

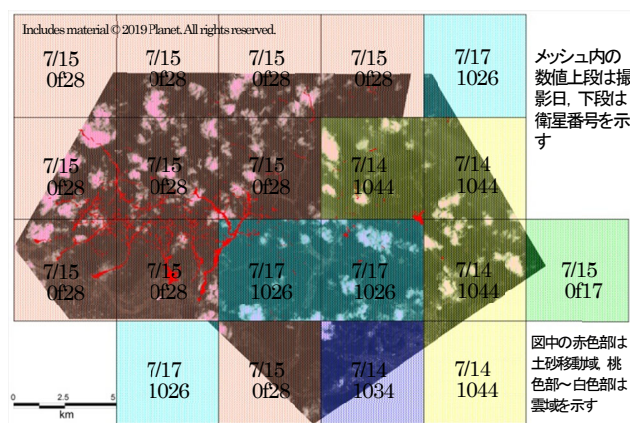
衛星名	搭載センサー	地上解像度	再訪日数
Planet Labs 社 Dove	RGB・近赤外	3m	1 日

※選定時で 200 機以上の衛星コンステレーション

検討にあたっては、災害発生前後の 50 日間に撮影されたアーカイブ画像を収集し、雲域が少ない画像と撮影日を整理した。このとき、雲域影響がない災害前の画像は、直近で 6 月 15 日に撮影された画像となり、災害後の画像は、災害発生から 50 日以上経過した 8 月 30 日に撮影された画像

となっている。一方で、災害発生後から多数撮影された衛星画像から雲域を自動除外した可視域内における土砂移動域の視認面積の推移を整理すると、災害発生からの経過日数による変化を整理すると、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%が可視可能となっていた。

ここで、土砂移動域の判読活用性が高い光学衛星画像を効率的に抽出するため、災害前後に撮影された雲が含まれる大量の画像群から深層学習を用いて自動的に雲域と判定される領域を抽出し、任意に設定した期間中で雲域が最も少ない画像を 5km メッシュ単位で自動的に抽出する手法を検討した。このとき、雲域の割合が同程度の画像が多数ある場合には、期間中の同一日や同一衛星が撮影した画像を優先的に選定する手法を用いた。この手法を取り入れることにより、雲域だけでなく、陰影効果が大きい画像や輝度値が飽和した画像など、土砂移動域把握に適さない画像の抽出影響を少なくすることを可能にした。

図 2 災害後 14 日間での可視最適画像抽出例  
(5km メッシュ単位の画像抽出)

## 3. 高頻度光学衛星画像を用いた土砂移動域の抽出

高頻度光学衛星画像は、一般的な光学衛星画像と比較して、災害発生直前の画像を活用できる利点がある。この利点を生かし、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、RGB バンドと NIR バンド（近赤外）で撮影された画像から、崩壊等で植生が流亡した可能性のある範囲を抽出する手法（以下、差分抽出とする）を用いた。

さらに、雲域が存在しない衛星画像から、技術者が判読した土砂移動域を教師データとして深層学習（ここでは pix2pix と呼ばれるアルゴリズムを利用）により、災害後に撮影された画像から土砂移動域の疑いがある範囲を抽出した（以下、深層学習抽出とする）。

技術者による土砂移動域の判読結果を正として、差分抽出と深層学習抽出による結果を比較したところ、いずれも崩壊部や流送部（侵食部）、堆積部などの明瞭な土砂移動域が概ね捉えられていることを確認した。いずれの手法も、

抽出漏れとなる事例は、土砂移動域の面積が極めて小さいものや土砂移動域に植生が多く残存するものが多い傾向となっていた。一方で、差分抽出は、土砂移動以外で災害前後に色調変化した箇所（河川の濁度変化、宅地や田畑での泥水跡など）を誤抽出する傾向が見られ、深層学習抽出は、土砂移動域と同様の色調と分布形状を示す箇所（崩壊地形状に近い伐採地や災害前から存在する裸地や崩壊地など）が誤抽出する傾向が確認され、抽出手法ごとの課題を確認した。

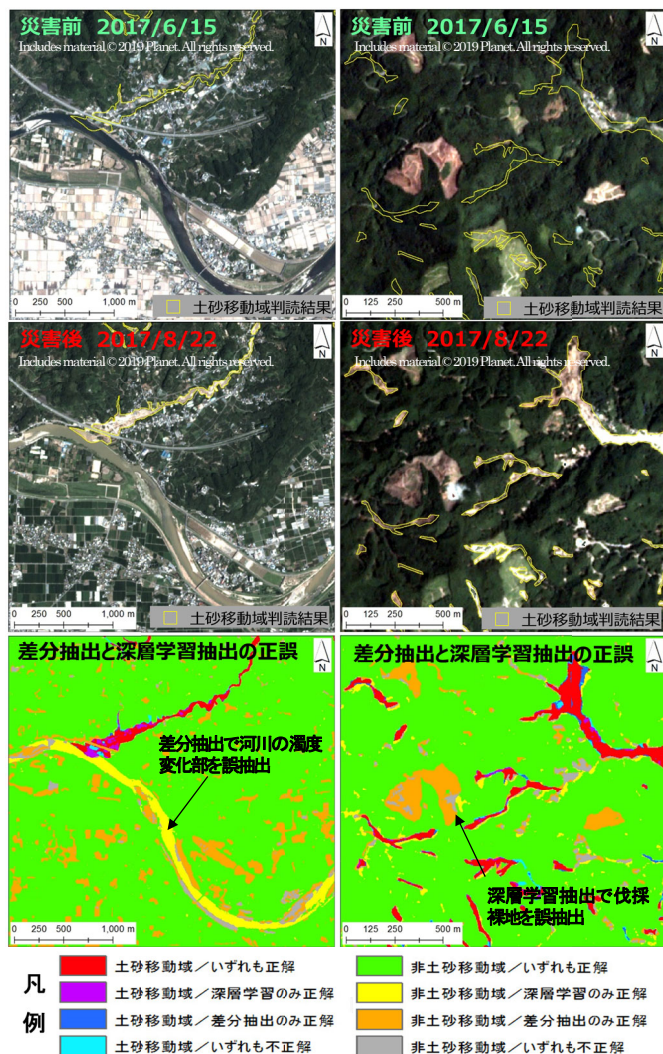


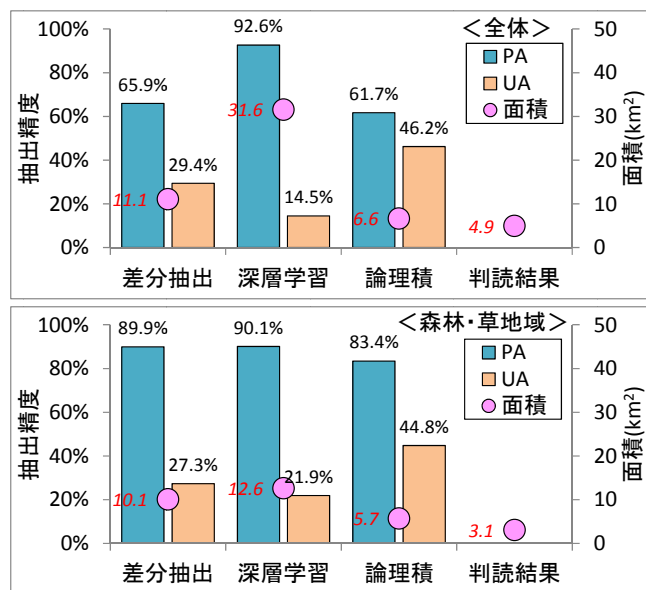
図3 土砂移動域判読結果に対する差分抽出と深層学習抽出の正誤状況確認例

#### 4. 土砂移動域の自動抽出の精度向上に関する検討

土砂移動域を自動抽出する手法として、差分抽出と深層学習抽出を組み合わせた手法による抽出精度を検証した。ここでは、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。的中率ともいう）と、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。カバー率ともいう）で検証した。差分抽出と深層学習抽出の抽出精度に対し、両結果の論理積（and 条件）で絞り込んだ抽出結果は、その面積率が差分抽出結果の3.8%から2.3%にまで絞り込まれ、PA精度を維持しつつ、UA=46.2%まで精度が向上した（図4上）。

また、土砂移動域の抽出を、国土数値情報における土地

被覆分類が森林・草地域となっている範囲のみを対象とした場合には、深層学習の抽出面積が全体31.6km<sup>2</sup>に対して12.6km<sup>2</sup>と40%程度にまで絞り込まれ、UAが14.5%から21.9%に向上する結果が確認された（図4下）。



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4 差分と深層学習による抽出精度の検証結果  
（上図：全域、下図：森林・草地域）

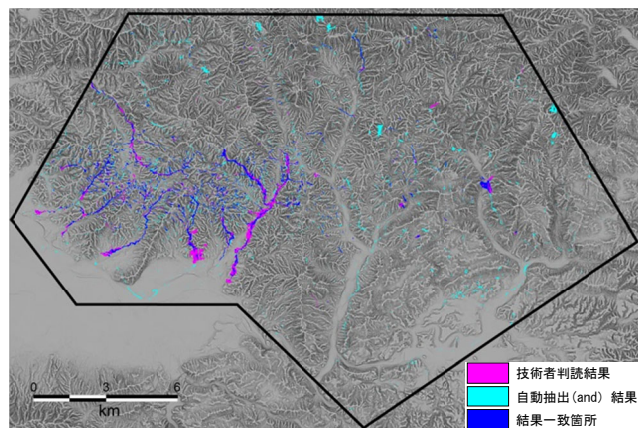


図5 森林・草地域における差分 and 深層学習の抽出結果

#### 5. おわりに

高頻度に撮影された大量の衛星画像群から、雲域を自動除去するとともに、判読性の高い可視域最大の画像を自動に抽出・統合する技術は、広域土砂災害発生後の状況を確認するうえで重要な技術と考えられる。また、これらの画像から、土砂移動域の疑いが高い箇所を自動抽出する技術は、今後の土砂災害危機管理対応での活用が期待される。

さらに、光学衛星画像は、結果解釈が比較的容易であることから、悪天候時や夜間等の条件下で活用される SAR 画像と相互補完的に活用していくことも有効と考える。

本研究は、国土交通省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：** 船越和也 他、高頻度衛星画像を用いた土砂移動箇所の把握(2018)：平成 30 年度砂防学会研究発表会概要集 P-088,p545-546