広域土砂災害時の早期状況把握における高頻度衛星画像の活用性について

国土技術政策総合研究所土砂災害研究室　野呂 智之，野村 康裕，鈴木 大和，山下 久美子
アジア航測株式会社　○松田 昌之，船越 和也，金田 真一，高山 陶子，
角田 里美，服部 聡子

1. はじめに

大規模・広域的・突発的な自然災害に対して，初動時の情報空白時間を解消し，迅速かつ的確な被災状況の把握を行うことが必要である．そこで，国土技術政策総合研究所では，夜間や悪天候時にも観測可能な合成開口レーダ（以後 SAR と称す）等による衛星画像を利用した土砂災害等の判読調査手法の検討を行ってきた．また，SAR 画像による土砂移動域の把握には技術的な解釈が必要である．観測手法の特性からレイオーバ（高い山が衛星から近い距離にあると判断され，倒れこむ現象）やレーダシャドウ（高い山の後ろ側に電波が届かず情報が得られない現象）が発生するなどの課題がある．このため光学衛星画像を活用する必要がある．

本研究では，近年に整備された小型衛星群による高頻度衛星画像を用いて，平成 30 年 7 月豪雨及び北海道胆振東部地震を対象として，災害対応の時系列調査や土砂移動域の抽出結果を比較し，効果的な利活用方法を検討した．

2. 対象地区と利用した光学衛星画像

本検討では，平成 30 年 7 月豪雨で土砂災害が多発した広島県呉市付近の 421.4km² と，北海道胆振東部地震（厚真町付近）による崩壊集中域を中心とする 448.9km² の 2 地区を対象とした．

利用した光学衛星画像は高頻度衛星で取得される PlanetScope と従来型の衛星で取得される SPOT6/7 である．利用した衛星画像の条件は表 - 1 のとおりである．

表-1　本検討に用いた光学衛星画像

サービス名（衛星名）	センサー	観測幅	地上解像度	再訪日数
PlanetScope（Dove 衛星）	RGB，近赤外	24.6km	3.5m	1 日
SPOT-6/7（SPOT-6 or 7）	RGB，近赤外，パンクロ	60km	1.5m	26 日

3. 災害初動時における被災状況データの時系列整理

災害初動時はヘリによる巡視や，SAR の緊急撮影画像による土砂移動域の判読のほか，航空機による空中写真撮影・判読，従来型の光学衛星画像による判読等が行われている．そこで，災害直後の初動時に着目し，これらの調査手法による情報取得状況と高頻度衛星画像の撮影状況を合わせて整理した．また，光学衛星画像の利用時には，画像内の雲量は判読に大きな影響を与える．そこで，雲量と見え方の変化についても整理した．平成 30 年 7 月豪雨における調査方法別の時系列情報取得状況図を図 - 1 に示す．

災害後で雲が少ない画像の取得タイミングは PlanetScope と SPOT-6/7 で大きな違いは見られない．しかし，PlanetScope は日々画像を取得しているため，モザイク合成画像により早く広域の画像を入手できる可能性がある（以下 PlanetScope は Planet 画像，SPOT-6/7 は SPOT 画像と称す）．

モザイク合成に要する日数を調査した結果，対象範囲全体では，雲率 10%未満で 7 日，雲率 30%未満で 4 日，雲率 50%未満で 1 日となった．雲率 30%以下の画像であれば，国土地理院の判読結果公表前に全域の画像を入手できていた可能性があった．さらに，対象範囲 90%を超えるのに要した日数は，雲率 10%未満で 2 日，雲率 30%及び 50%では翌日であった．

このように，災害の全容を緊急に把握するという観点から，ある程度雲量が多い画像（例えば 30%未満など）のみを使用した場合であっても比較的広範囲に光学衛星画像が得られる可能性を示しており，SPOT 等と比較してより迅速に画像を得る可能性を確認できた．

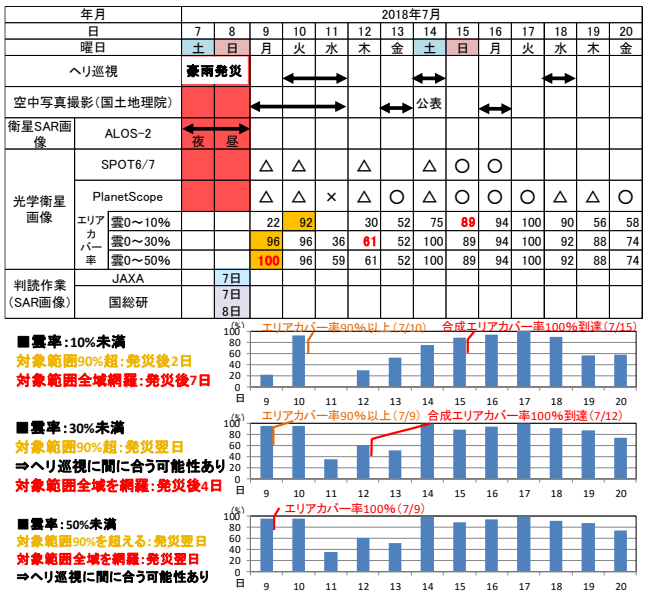

図-1　時系列の各種情報取得状況（平成 30 年 7 月豪雨）

4. 高頻度衛星画像を用いた土砂移動域の抽出

検討対象の災害に対して深層学習による土砂移動域の抽出を施行し，適合状況を整理した．条件は表 - 2 に示す．

表-2　深層学習等を用いた土砂移動域の抽出条件

対象地域	平成 30 年 7 月豪雨（広島県呉周辺） 平成 30 年胆振東部地震（厚真周辺）
解析手法	災害前後の NDVI(正規化植生指標)による変化抽出と、深層学習による自動抽出の組合せ
深層学習の手法	pix2pix[1]
学習用データセット	平成 29 年度九州北部豪雨における福岡県朝倉市周辺衛星画像データ(PlanetScope)

高頻度衛星画像は，一般的な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．この利点を生かした災害前後の画像比較による差分解析手法と，深層学習に基づいた抽出とを合わせて，土砂移動域を抽出した．これは，平成 29 年度の九州北部豪雨における福岡県朝倉市周辺の画像を教師データとして実施された深層学習の結果を用いたものである．詳細は船越ほか（2018）による．

従来型の光学衛星として SPOT 画像を，高頻度衛星画像として Planet 画像を用いてそれぞれで土砂移動域を抽出し

た．使用した画像は表-3 及び表 - 4 に示す．

表-3　利用した衛星画像（平成 30 年 7 月豪雨）

	災害前	災害後
PlanetScope	2018/6/25	2018/7/16～7/17
SPOT-6/7	2018/5/11	2018/7/15～7/16

表-4　利用した衛星画像（平成 30 年北海道胆振東部地震）

	災害前	災害後
PlanetScope	2018/8/3	2018/9/11
SPOT-6/7	2017/6/23	2018/9/11

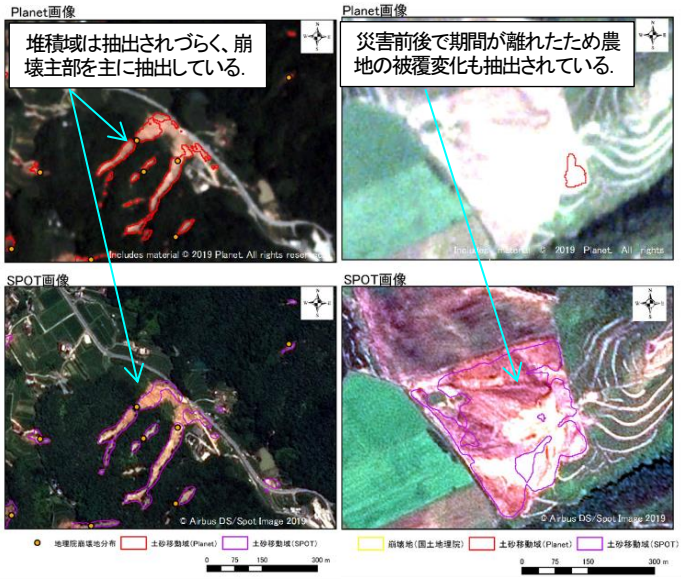

図-2 Planet 画像及び SPOT 画像による土砂移動域抽出結果

抽出された土砂移動域と国土地理院の判読結果を比較すると，衛星画像で抽出された評価結果は，流下・堆積域より崩壊主部をうまく抽出している傾向が確認された（図 - 2）．

表-5　国土地理院の崩壊地分布との一致状況（7 月豪雨）

Planet 画像

距離(m)	箇所数	累積相対度数
0	287	0.33
0～10	234	0.60
10～20	75	0.69
20～30	44	0.74
30～40	29	0.77
40～50	19	0.79

SPOT 画像

距離(m)	箇所数	累積相対度数
0	387	0.44
0～10	171	0.64
10～20	56	0.70
20～30	43	0.75
30～40	23	0.78
40～50	17	0.80

平成 30 年 7 月豪雨における国土地理院の崩壊分布は点データであるため，その点と抽出された崩壊地ポリゴンとの距離を求めて，その一致度合いを把握した．ポイントデータには位置精度に課題があるため完全に包含される（距離 0m）場合は 30%~40%であるが，多少の猶予をみれば，（例えば 10m までを許容すれば）おおむね 6 割程度が含まれている結果となった(表 - 5)．

表-6　国土地理院判読結果との整合性（北海道胆振東部地震）

種別	崩壊地面積 (km^2)	一致面積 (km^2)	的中率	カバー率	空振り率
国土地理院判読結果	36.78				
SPOT画像抽出結果	16.34	14.56	89.1%	39.6%	10.9%
Planet画像抽出結果	10.04	9.61	95.7%	26.1%	4.3%

北海道胆振東部地震ではポリゴンで崩壊地分布が得られているため，的中率とカバー率等の関係を整理した（表 - 6）．Planet 画像および SPOT 画像の的中率は 9 割程度と非常に高い値となっている．特に Planet 画像では，的中率が高く，かつ空振り率が低い．一方，SPOT 画像では地上分解能が高いため，より精度よく崩壊地を広く抽出できているためカバー率が高くなっていると考えられる．また，SPOT 画像では空振り率が高くなっている．これは撮影頻度が少なく，災害直前の画像が得られないため，災害前後の画像変化影響が大きくなり，差分解析の信頼度が低下することが要因の一つと考えられる．このため，高頻度光学衛星画像を用いることにより，季節変化や人工改変等による誤抽出が低減する可能性があり，さらに今後の地上解像度向上に伴い的中率が向上することも期待される．

5. 継続監視による画像利用の可能性

高頻度衛星は雲域の有無にかかわらず日々画像を取得している場合が多いため，同一箇所で複数回の撮影がなされている．そのため，航空写真撮影など限られた機会で把握しきれなかった情報を，災害直後のアーカイブ画像から雲域に影響していない画像を検索することが可能である．図 - 3 は，国土地理院による崩壊地判読の際には雲域として判読不可能であった領域に対して，Planet 画像で崩壊地を判読した結果である．

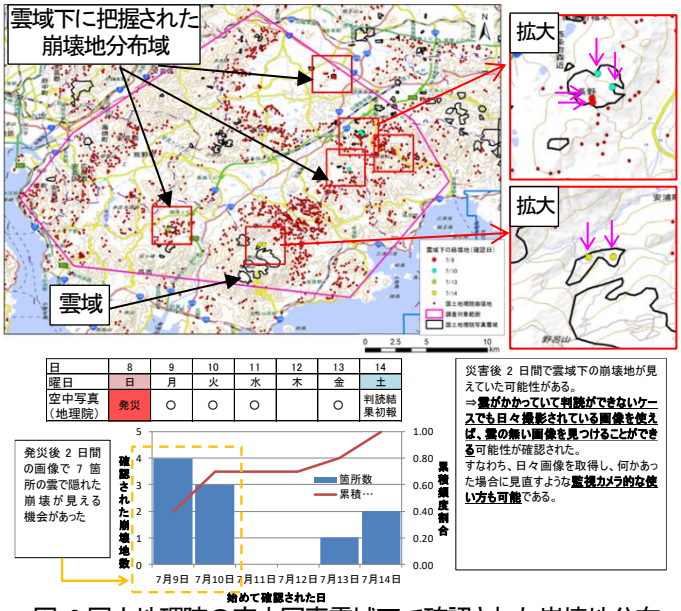

図-3 国土地理院の空中写真雲域下で確認された崩壊地分布

国土地理院の空中写真では雲により判読できなかった箇所について，高頻度に撮影された画像群から 10 個所の崩壊を事後に確認することができた．これは，高頻度衛星による大量の画像群が，特定の崩壊地に対して雲の隙間から撮影された画像を検出できる可能性を示すものと考えられる．

6. おわりに

SAR 画像は，得られた画像の解釈に熟練の技術と経験を要することがある．これに対し，光学衛星画像は画像の解釈が容易である．高頻度の光学衛星は，日々継続して撮影されていくため，災害直前の画像入手にも優位性がある．また，良好な条件下では，迅速に災害後の画像の入手が可能であり，SAR 画像と相互補完的な活用を行うことにより，災害初動時の被災状況把握に活用することが期待できる．

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