

令和元年度
衛星画像解析による現地確認作業の効率化手法の
開発・調査委託事業

山地の被災状況の把握手法の開発

業務実施報告書

2020 年 3 月 13 日

一般財団法人リモート・センシング技術センター

目 次

1.	業務概要.....	1
1.1	業務の目的.....	1
1.2	履行期間.....	1
1.3	業務の内容.....	1
2.	「山地の被災状況の把握手法の開発」業務.....	2
2.1.	作業計画.....	2
2.2.	研究会の設置・運営.....	3
3.	衛星画像解析による大規模災害発生時の山地の被災状況の把握手法の開発・調査 4	
3.1	衛星画像解析手法の調査・研究等.....	4
3.2	SAR 画像の解析手法.....	5
3.3	光学画像の解析手法.....	9
4.	衛星画像データの取得等.....	14
4.1	平成 30 年北海道胆振東部地震.....	14
4.2	平成 30 年北海道胆振東部地震に関する衛星画像解析結果について.....	17
4.3	令和元年台風 19 号による山地災害.....	30
4.4	令和元年台風 19 号による山地災害に関する衛星画像解析結果について.....	32
5.	山地の被災状況の把握手法の開発・検証.....	45
5.1	光学画像解析の定量的な検証評価.....	45
6.	衛星画像データを活用した山地災害の状況把握に関する今後の課題と発展の方向 性	48
7.	変化抽出ツールの開発.....	51
8.	用語集.....	52

1. 業務概要

1.1 業務の目的

現在、農林水産省では大規模災害が発生した際、山地の被災状況の把握のため、ヘリコプターによる被災箇所の把握、職員の現地調査による被災面積測定を実施しているが、災害の状況等により現地確認が困難な場合がある。

本業務は、レーダ衛星及び光学衛星により撮影した衛星画像データを解析し、大規模災害発生時における山地の被災箇所の特定や被災面積の測定作業を迅速かつ効率的に把握する手法の開発（以下、「山地の被災状況の把握手法の開発」という。）を行うことを目的とする。

1.2 履行期間

自 2019（令和元）年 10 月 18 日 至 2020（令和 2）年 3 月 19 日

1.3 業務の内容

- （１）作業計画
- （２）研究会の設置・運営
- （３）山地の被災状況の把握手法の開発
 - ア 衛星画像解析手法の調査・研究等
 - イ 衛星画像データの取得等
 - ウ 山地の被災状況の把握手法の開発・検証
 - エ 検討課題、対応方策等の整理
 - オ 業務実施報告
- （４）担当部署との打ち合わせ会議の開催

2. 「山地の被災状況の把握手法の開発」業務

2.1. 作業計画

- (ア) 作業の実施に当たっては、契約締結後 5 日（行政機関の休日を含まない。）以内に、実施スケジュール（図 2.1）および実施体制表（表 2.1）について作業計画書を提出し、林野庁国有林野部業務課及び大臣官房政策課食料安全保障室（以下「担当部署」という。）の承認を得た。
- (イ) 実施体制表には、本業務の実施を総括する業務責任者及び業務担当者を配置した。業務責任者は、業務担当者を総括し、業務の適切な実施を管理するとともに、担当部署との連絡・調整を行った。業務担当者は、業務の振興に必要な各業務の担当者とした。

図 2.1 実施工程表

	10月	11月	12月	1月	2月	3月
①衛星画像解析手法の調査・研究等		→				
②衛星画像データの取得等		→				
③山地の被災状況の把握手法の開発・検証		→	→	→		
④検討課題、対応方策等の整理					→	
⑤業務実施報告						→
研究会		△			△	△
打ち合わせ会議		△	△	△	△	△

表 2.1 実施体制表

管理責任者	研究開発部 部長 山本彩
業務責任者	研究開発部 利用技術グループ グループリーダー 石井景子
業務担当者	研究開発部 社会インフラグループ グループリーダー 古田竜一 特任参事 清水孝一
業務副担当者	研究開発部 社会インフラグループ 研究員 小川崇 研究員 福島滉貴

2.2. 研究会の設置・運営

- (ア) 本業務の実施に当たり、専門的見地から衛星画像解析による大規模災害発生時の山地の被災状況の把握手法の検討・評価を行うための研究会（以下「研究会」という。）を設置した。
- (イ) 研究会の研究委員については、担当部署と相談の上、山地災害分野における衛星リモートセンシング活用、衛星画像解析に関する分野の学識経験者から2名を選定した。

表 2.2 研究委員

名前	所属	専門分野
小荒井 衛	茨城大学理学部教授	山地災害分野におけるリモートセンシング技術の研究 山地災害の発生場となる地形・地質に関する研究
大丸 裕武	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 研究ディレクター	山地災害分野におけるリモートセンシング技術、山地災害の研究

研究会は、農林水産省内会議室で下表のとおり3回開催した。

表 2.3 研究会

	開催日	内容
第1回研究会	2019年11月26日	運営方針・年間計画の決定、取得する衛星画像や適用する解析手法等、具体的な事業の実施方針の研究
第2回研究会	2020年2月3日	判別手法の検証結果の研究（一次評価）
第3回研究会	2020年3月3日	判別手法の検証結果の研究（二次評価）及び費用対効果を考慮した実務への実装化の研究 本事業における成果及び課題の整理、課題への対応方策等の研究

3. 衛星画像解析による大規模災害発生時の山地の被災状況の把握手法の開発・調査

3.1 衛星画像解析手法の調査・研究等

山地災害を対象とした衛星画像解析に関する研究事例を調査するため、総合学術電子ジャーナルサイト（J-Stage: <https://www.jstage.jst.go.jp/>）を検索し、できるだけ新しい論文を調査した。調査にあたっては、合成開口レーダ（以下「SAR」という）に関する論文と光学衛星画像の解析手法に関する論文に分けてリストを作成した（別添資料 表 1、表 2）。

3.2 SAR 画像の解析手法

収集した事例（別添資料 表-1）から、表 3.1 の手法に整理した。

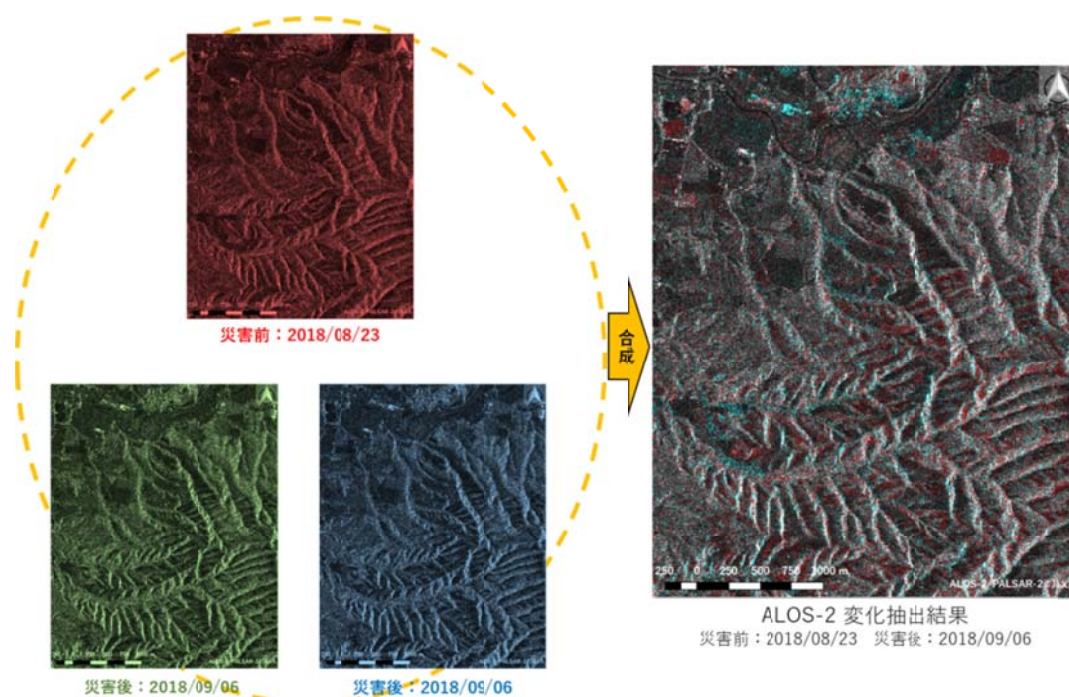
JAXA のレーダ衛星である ALOS-2/PALSAR-2 は、国内の基本観測を分解能の高い 3m の短偏波で整備しており、緊急観測ではこれをベースにしていることから、手法 1 は検討対象から除外した。また、手法 2 は特許出願中の手法であることからこれも除外し、手法 3 による検討を行うこととした。

手法 3 は、現在 JAXA の緊急観測の速報図として、観測後約 2 時間で公開されているものであり、利用にあたって適切であると考えられる。

本手法について概略を説明する。SAR 画像（レーダ衛星画像）は、衛星から発射するレーダが地表から反射する強度を可視化した画像で、1 時期の画像はモノクロの画像である。変化抽出には災害前の画像に赤、災害後の画像に緑・青を割り当ててカラー合成して作成する

図 3.1 に SAR の疑似カラー画像の作成方法を示す。

図 3.1 SAR の疑似カラー画像の作成方法



SAR の撮像前後で、画像の明るさが変化した場所が赤（強度が低減）、水色（強度が増加）に表示され、変化が無かった箇所は白黒で表示される。図 3.1 の場合、赤は植生から裸地へ、水色は崩壊した土砂の堆積した箇所と一致していることが空中写真、現地調査で確認されている。このような変化箇所を判読することで、山腹崩壊、土砂流出箇所（赤）、あるいは土砂の堆積箇所（水色）を抽出することができる。

この疑似カラー合成画像（変化可視化画像）の特徴を図 3.2 に示す。

図 3.2 疑似カラー合成画像（変化可視化画像）の特徴

RGBカラー合成画像（変化可視化画像）の特徴

基準画像（事象発生前）と比較画像（事象発生後）とを合成すると、変化箇所は赤色又は青色で、無変化箇所は元の色で表示される

R 基準画像観測日：災害等発生前
G 比較画像観測日：災害等発生後
B 比較画像観測日：災害等発生後

災害前画像の方が
暗くなる変化

- ・ 山腹崩壊
- ・ 土砂流出
- ・ 浸水

(例)

災害後画像の方が
明るくなる変化

- ・ 流出土砂の堆積

(例)

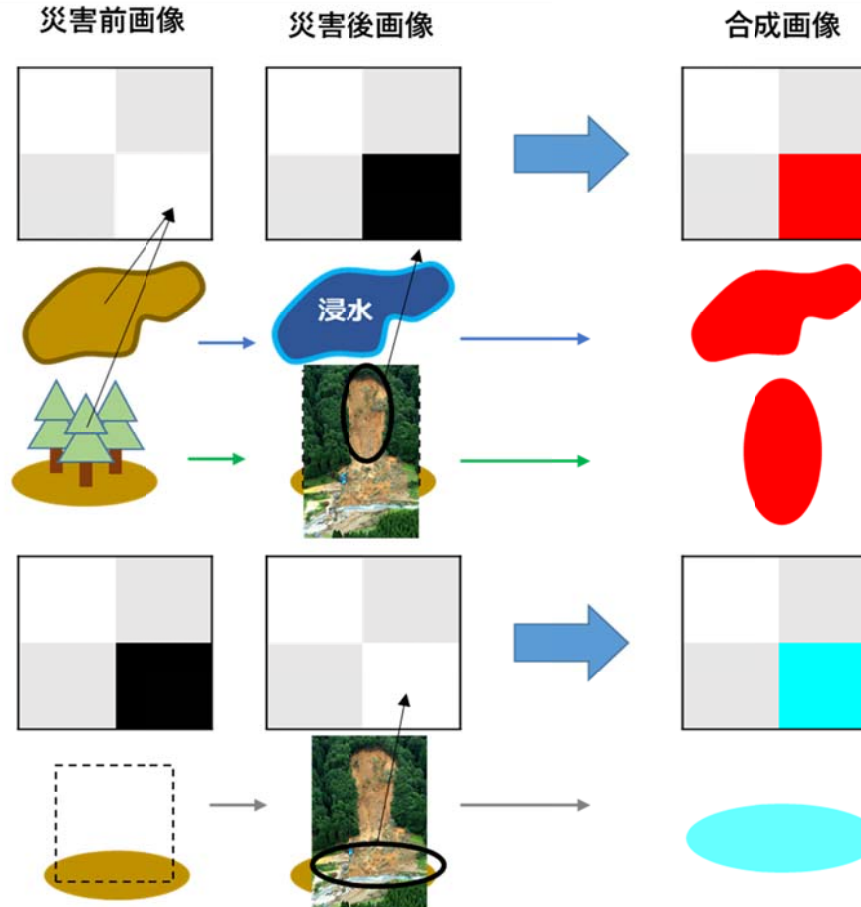


表 3.1 本業務において検討対象とする SAR 画像の解析手法

	文献名	発表 年度	衛星 種別	災害現象	概要	解析手法
1	ALOS（だいち）合成開口レーダーを用いた崩壊地抽出手法と適用	2012	ALOS/P ALSAR	岩手・宮城内陸地震による斜面崩壊	相関係数差分解析で 10×10 メッシュ相当以上の崩壊地規模での中率 60.2%、正答率は 39.8%。NDPI 解析で 10×10 メッシュ相当以上の崩壊地規模での中率 89.7%、正答率は 44.3%という結果を得た。	相関係数差分解析：災害前の 2 時期と災害前後の強度画像の相関係数を算出し、その差分値から地表の被覆物の変化を抽出。 NDPI 差分解析：偏波解析の一手法。解析の指標として $NDPI = (HH - HV) / (HH + HV)$ を用いる。
2	衛星 SAR 解析による平成 29 年 7 月九州北部豪雨での土砂移動域の抽出	2019	ALOS-2 /PALSA R-2	平成 29 年九州北部豪雨による斜面崩壊	崩壊地の抽出箇所を国土地理院が実施した正射画像判読による土砂崩壊地の分布と比較。朝倉市の赤谷川および乙石川流域で比較的良好一致をしている。一方で、朝倉市の北部、佐田川流域では国土地理院の土砂崩壊地と比較して多くの箇所が地形変化箇所として抽出されている。	コヒーレンス解析により、3 時期の観測結果の違いから地形変化箇所を抽出し、抽出地点の傾斜量を既往の地形データを使用して区分することで、地形変化が崩壊等の斜面変動であるか、土砂や流木等の堆積が生じているかを示すことが可能な方法を開発した。特許出願中（特願 2018-042690）
3	土砂災害初動調査のための新たな SAR 画像活用法の提案	2019	ALOS-2 /PALSA R-2	平成 29 年 6 月長野県南部地震以降、平成 31 年熊本地震までの 10 件の災害・異常気象による斜面崩壊	各災害における、初動期の災害情報として、発災後の衛星観測、判読抽出までの時間を整理。平均して緊急観測後 5 時間～半日で情報提供され実用水準と評価。正射面積毎に検出された箇所の精度分析の結果、1,250～2,500m ² 程度でも約 80%の正答率※を得た。	二時期の後方散乱強度の差分に着目した解析。災害前の強度画像に R、災害後の強度画像に G・B の色を割り当ててカラー合成画像を作成し、変化箇所を判読により抽出。 ※SAR 画像で抽出された土砂移動域で実際に土砂移動が起っていた割合。航空写真等の判読結果との比較ではない。

JAXA が行う緊急観測では、撮像から約 2 時間でこの疑似カラー合成画像が作成され Web サイト上に公開される(だいち WEB ポータルサイト: <https://jaxa-dis.maps.arcgis.com/home/index.html>)。

平成 30 年北海道胆振東部地震の際には、当日の正午ごろに撮像され当日の午後に災害速報図として疑似カラー画像が公開された。

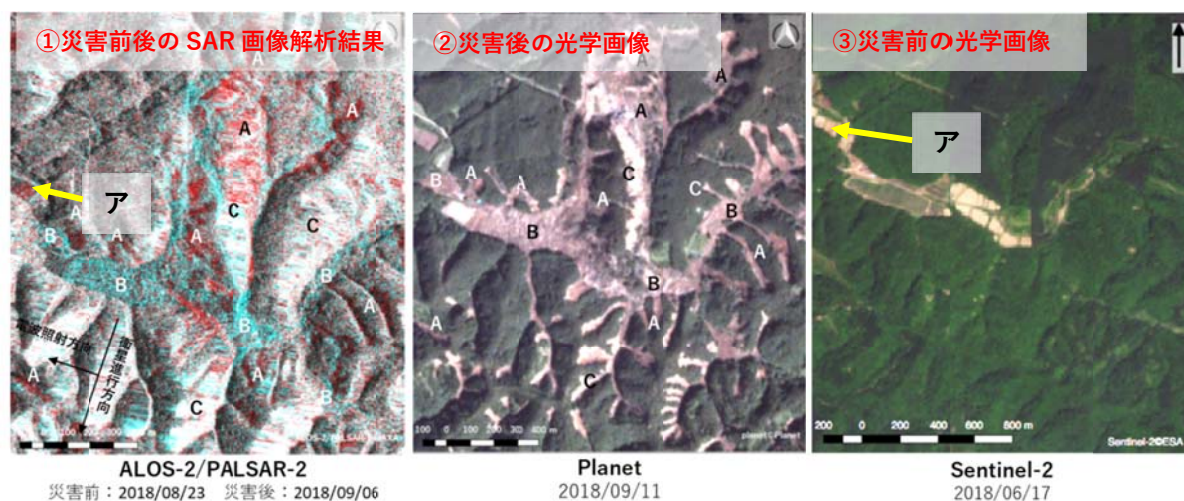
この画像を判読して山腹崩壊、土砂流出箇所を抽出するが、災害前の画像と災害後の画像の撮像間隔の間に、森林の伐採や人工改変が行われている箇所も変化箇所として表現されるので、図 3.3 のように災害発生時に近い光学衛星画像と並べて、そのような誤抽出を排除する必要がある。

図 3.3①は、災害前後の SAR 疑似カラー画像 (JAXA の ALOS-2/PALSAR-2)、図 3.3②は、災害後の光学画像 (Planet)、図 3.3③は災害前の光学画像 (Sentinel-2) である。

図 3.3 には災害後の画像②があるが、災害後の撮像時期 (ALOS-2 平成 30 年 9 月 6 日、Planet 平成 30 年 9 月 11 日) を勘案すると、実際の初動期には②の図が無い状態で①を判読して土砂移動箇所を抽出する。

例えば、①のアには赤い箇所が認められるが、③ですでに裸地になっているので土砂移動によるものではなく、耕作地等の湛水によるものと考えられるので土砂移動の恐れのある箇所として抽出する対象とはしない。

図 3.3 SAR 画像と光学画像の比較



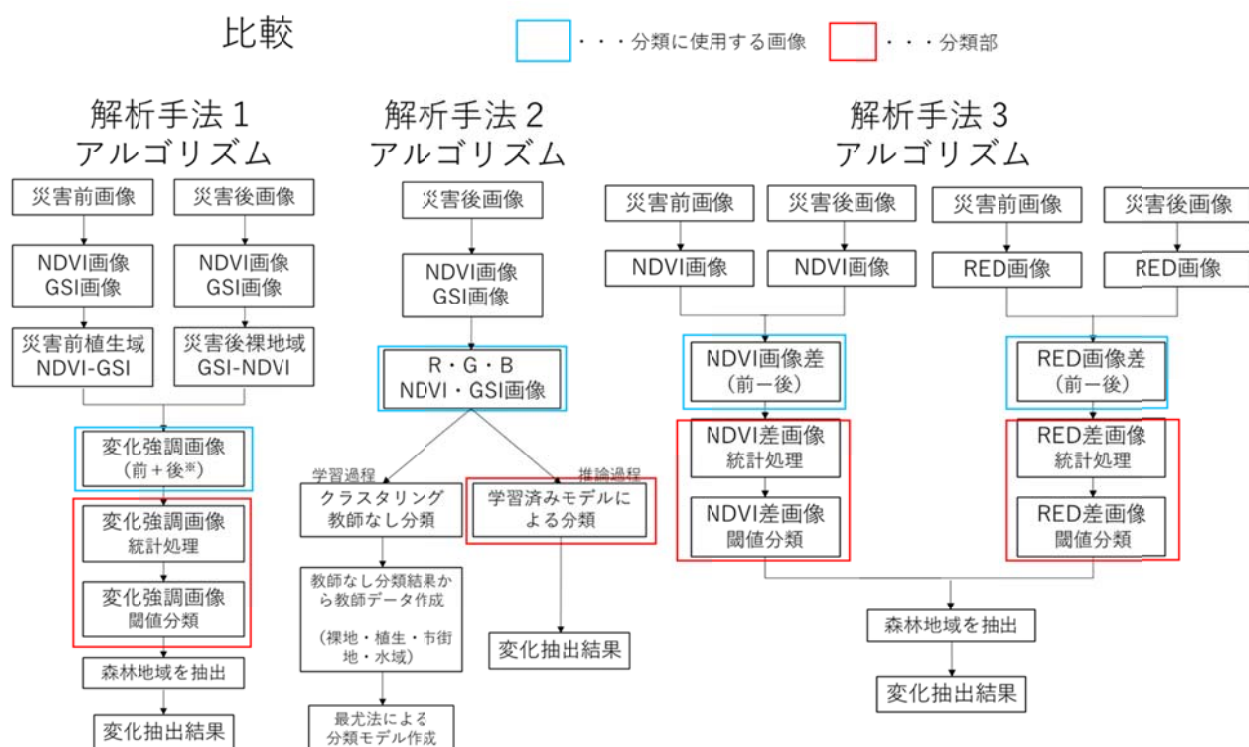
SAR の強度画像による差分抽出の自動化は、現在 JAXA ほか各機関において研究中で、収集した文献でも、自動化を行っている事例は見当たらなかった。

JAXA では、緊急時の SAR 画像の判読について、撮像後一定時間 (5 時間程度) を区切って判読する運用を行っている。緊急時のタイムラインを明確にするうえで参考になるものと考えられる。

3.3 光学画像の解析手法

収集した事例を整理した結果（別添資料 表 2）から、表 3.2 の 3 手法を検討対象とした。3 手法のアルゴリズムを図 3.4 に示す。

図 3.4 光学画像のアルゴリズム比較



アルゴリズム 1 とアルゴリズム 3 は 2 時期の画像を用い、解析対象範囲の変化を統計処理により機械的に抽出する教師なし分類による手法である。アルゴリズム 2 は 1 時期の画像を用い、クラスタリングを行った後、分類に使用する光学衛星を用い、それぞれのクラスに相当する土地被覆を目視で判読し教師データを作成し、変化域を抽出する教師付き分類である。

アルゴリズム 1 と 3 は、災害前後の 2 時期の画像を必要とすることから、解析に適する解析範囲に雲がなく、植物歴が同じ時期（季節が近い）の画像を取得する必要があることから、災害前後の画像の間隔が長期間になり、人工改変や森林伐採などの誤抽出を含む可能性が高いという短所がある。その一方、統計により機械的に処理をするため作業による差が発生しないことに加え、短時間に結果が得られる（但し、解析する PC の仕様により左右されることに留意が必要）。

アルゴリズム 2 は、災害後の画像のみで解析が可能ることから、時間経過による人工改変や森林伐採などの誤抽出が発生し難いという長所がある。その一方、教師データを作成する際に、作業による差が生じる可能性があり、また、教師データの作成に時間を要することから、図 3.4 に示したアルゴリズムを実行した場合、3 種類の手法の中では最も時間を要する。

表 3.2 本業務において検討対象とする光学画像の解析手法

	文献名	発表年度	衛星種別	災害現象	概要	解析手法
1	地球観測衛星 ALOS（だいち）による崩壊地の抽出手法について	2010	ALOS/A VNIR-2	岩手・宮城内陸地震による斜面崩壊	面積が 1,000m ² 以下の崩壊地の抽出率は 50% 以下であるが、2,000m ² 以上で 80% 以上、4,000m ² 以上で 100% 以上の抽出率となった。	植生域の推定については、植生の活性度を表す指標 <u>NDVI（正規化植生指数）</u> を、裸地域の推定については <u>GSI（粒度指数）</u> に着目し、両者を組み合わせた。
2	衛星画像を用いた平成 30 年 7 月豪雨災害における土砂災害広域被害把握	2019	SPOT6	平成 30 年西日本豪雨による斜面崩壊	教師付き分類による崩壊地の自動抽出を実施し、1km 標準メッシュごとに土砂災害候補箇所の面積占有率（密度）を算出し、密度の高低により色分けした分布図（土砂移動痕跡等の自動分類図）を作成。	<u>最尤法教師付きクラス分類</u> を用いた。サンプルとなる崩壊地を選定し、この崩壊地と同じ色（RGB）を持つ範囲を画像解析により抽出し、その範囲を土砂災害が発生している可能性がある範囲（土砂災害候補箇所）としてポリゴンを作成。
3	高頻度衛星画像を用いた土砂移動箇所の把握	2018	Planet	平成 29 年 7 月九州北部豪雨による土砂流出、斜面崩壊	抽出結果が PA（値が低ければ抽出漏れの傾向を示す）=71% 程度と良好な結果を示した。UA（値が低ければ過剰抽出の傾向を示す）=33% と低い結果を示した。	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 <u>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)</u> を用いて土砂移動が発生した可能性が高い領域を抽出。