

光学衛星データを活用した土砂流出推定範囲の抽出

-2021年の豪雨災害における長野県・佐賀県での解析例-

第75回（令和5年度秋季）学術講演会@仙台市

防災科学技術研究所 秋田寛己†・平春・田口仁

†) akita@bosai.go.jp

1. 背景と目的

- 2021年8月大雨（東北・中部地方など）ならびに2022年8月大雨（東北・北陸地方など）による土砂災害が各地で同時多発的に発生。これらの災害に見られるように、土砂災害を引き起こす山地流域からの土砂流出は広域的に発生するケースが多く、災害後の応急復旧を行うには土砂流出の発生範囲の把握・推定が求められる。
- 光学衛星データは天候による雲被覆や地形による急傾斜地の陰影の影響といった撮影条件がネックであるが、撮影頻度の高い小型光学衛星の打ち上げなどによりユーザが活用できる衛星データの種類が無償・有償含めて増えており、空間分解能といった技術面も向上しつつある。
- そのため、光学衛星データを活用して土砂災害の発生範囲、すなわち土砂流出の推定範囲を抽出する手法自体¹⁾²⁾が、実態にどの程度適用できているのかを明らかにしていく必要がある。
- 2021年8月豪雨で土砂災害が発生した長野県岡谷市と佐賀県神埼市の周辺地域を対象とし、NDVI差分計算による土砂流出推定範囲の抽出手法を適用し、現地やオルソ写真で確認した結果との比較を行い、抽出手法の適用性を整理する。

2. 方法

2.1 対象地域

- 対象地域は、2021年8月11～19日にかけて大雨で土砂災害の発生した長野県岡谷市（以下、岡谷調査地）と佐賀県神埼市（以下、神埼調査地）の周辺地域である（Figure 1）。岡谷調査地では3箇所（No.1～3）の土砂流出を対象とし、神埼調査地では2箇所（No.4と5）とした。これらの箇所では現地確認も実施した（Figure 2）。

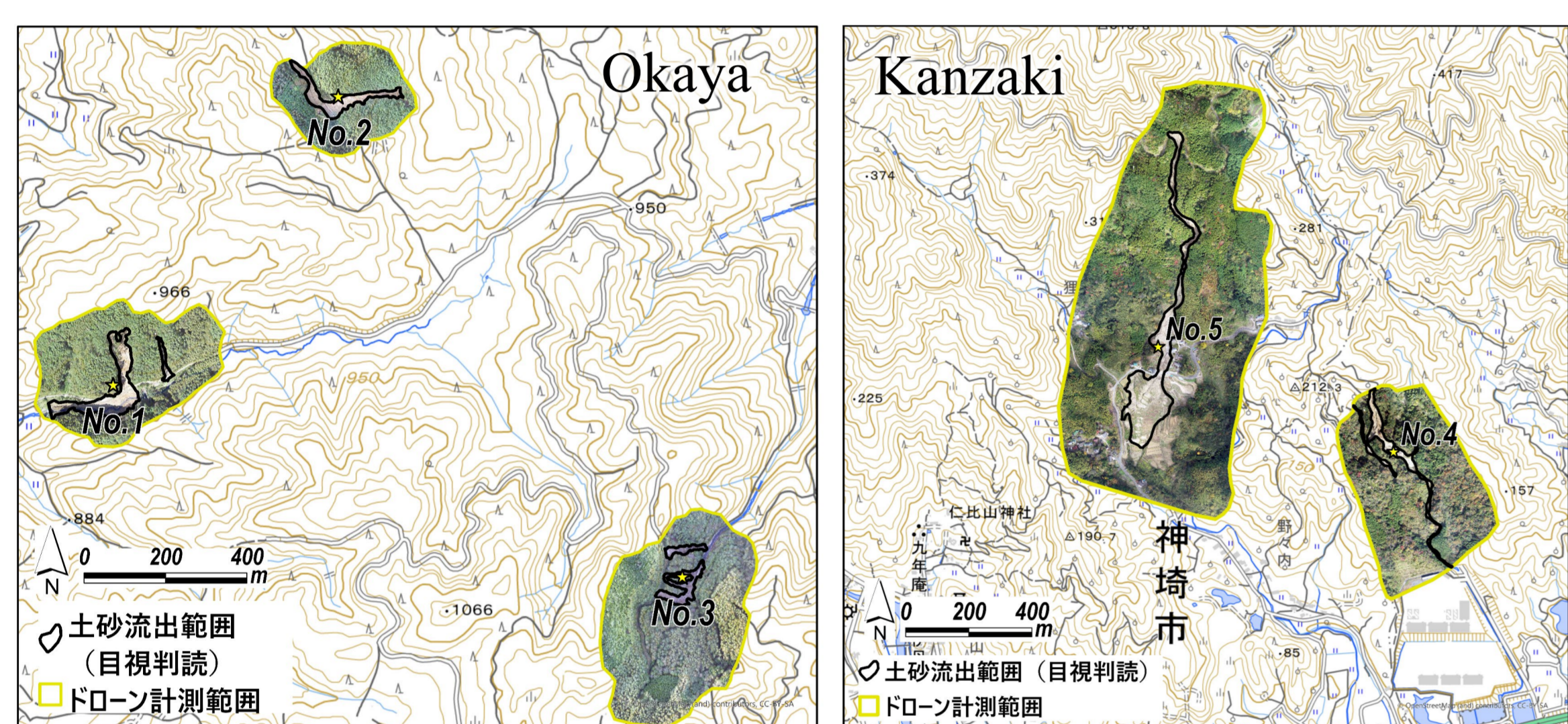


Figure 1. Sediment runoff range targeted for analysis
The sediment runoff range was overlaid on drone images and light-colored basemap from the GSI.



Figure 2. Sediment flow at the site

2.2 使用した光学衛星データ

- Planet Dove（分解能3 m, L3B）
 - 岡谷調査地（前：2021/7/17, 後：2021/8/28）
 - 神埼調査地（前：2021/8/6, 後：2021/10/2）
- Sentinel-2（分解能10 m, L2A）
 - 岡谷調査地（前：2021/8/5, 後：2021/8/28）
 - 神埼調査地（前：2020/10/18, 後：2021/10/3）

2.3 NDVI値および差分値の計算

- それぞれの光学衛星データの反射率を使用し、(1)式からNDVI値を計算。

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \dots\dots\dots(1)$$

ここで、NIRは近赤外域の反射率、REDは赤色域の反射率。さらに、(2)式を用いて災害前後の2時期のNDVI値の差分値を計算。

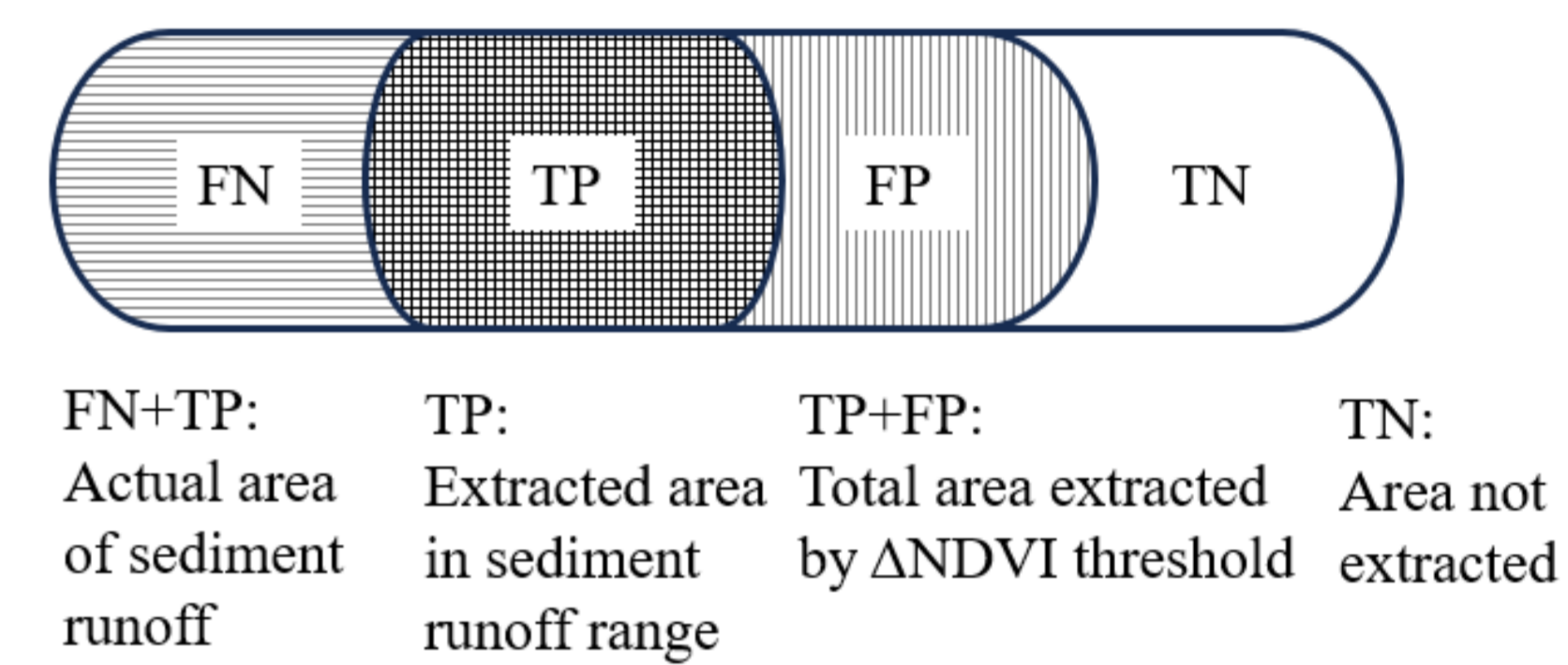
$$\Delta NDVI = NDVI_{Pre-event} - NDVI_{Post-event} \dots\dots\dots(2)$$

2.4 土砂流出範囲の実績データと適用性の検証方法

- 衛星データから抽出する土砂流出範囲の適用性を検証するには、実績となる土砂流出のデータが必要である。そのため、岡谷調査地と神埼調査地では、ドローン（Phantom 4 Pro使用）による空撮を行い、オルソ画像を作成した（Agisoft Metashape professional使用）。本研究ではこのオルソ画像から実績の土砂移動痕跡の外縁を目視判読しGISでポリゴンデータを作成し、その判読結果を正として検証する。
- 抽出結果を検証するための指標には、(3)式と(4)式の適合率・再現率の2つを採用した（Figure 3）。

$$\text{適合率} = \frac{TP}{(TP + FP)} \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{再現率} = \frac{TP}{(FN + TP)} \dots\dots\dots(4)$$



Confusion Matrix	Actually positive	Actually negative
Predicted positive	TP (True Positive)	FP (False Positive)
Predicted negative	FN (False Negative)	TN (True Negative)

Figure 3. Concept of indicators used for verification

3. 結果と考察

3.1 NDVI閾値ケースごとの抽出範囲の比較

- Figure 4にNDVI閾値ケースごとの土砂流出の抽出範囲を示す。岡谷調査地の土砂流出箇所No.1と神埼調査地のNo.5を例にとり、閾値ケースは0.4と0.2である。背景画像はドローンのオルソ画像を用いた。両衛星データの結果でも、NDVI閾値を低く設定するほど、抽出範囲が比例して拡大することになる。

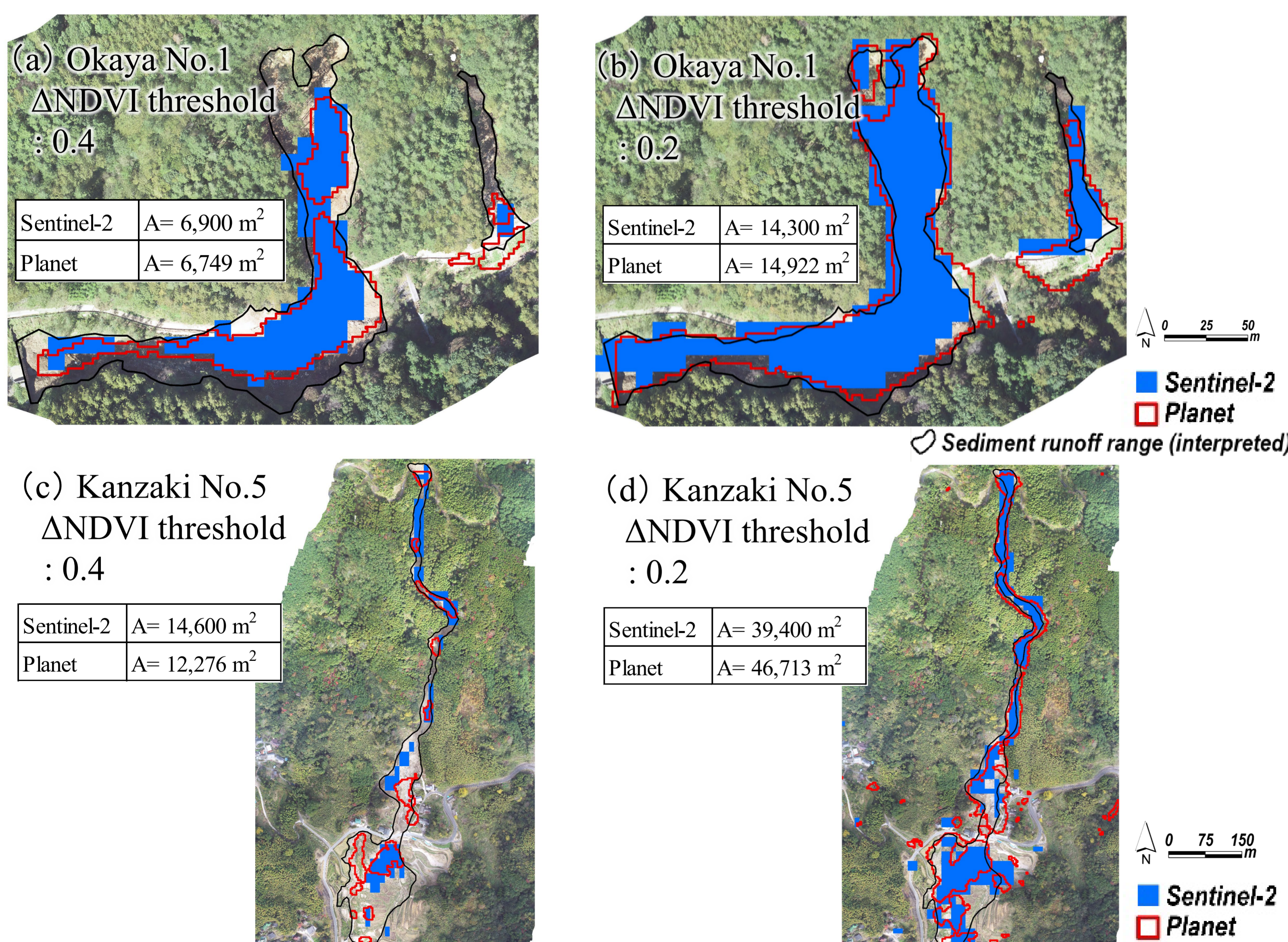


Figure 4. Example of sediment runoff range for each ΔNDVI threshold case

3.2 NDVI閾値による適合率と再現率

- NDVI閾値9ケースの適用性を調べるため、適合率と再現率を計算し、岡谷調査地と神埼調査地に分けた適合率と再現率の関係をFigure 5に示す。両者の関係はいずれの調査地においても、 $y=ax^2+bx+c$ の二次式で近似でき、 R^2 値は0.97以上ときわめて高い。両者は閾値が上がるにつれて適合率が高くなる一方、再現率が低くなるというトレードオフの関係にある。すなわち、閾値を高く設定すると土砂流出による裸地化が明瞭なピクセルが優先的に抽出され、過抽出を防がれる一方で見逃しが生じやすくなるという特性がある。閾値を低く設定すると逆の傾向になり、見逃しが防がれるが、そのかわりに過抽出の問題が生じてくると考えられる。
- 衛星データ間で比較すると、両調査地ともにPlanetを使用した方が全体的に適合率・再現率が高くなる。適合率と再現率が最大を示すNDVI閾値ケースについて、調査地5つの平均値を比較すると、Sentinel-2が0.71、Planetが0.72であり、さらに再現率はSentinel-2が0.70、Planetが0.75となり、特に再現率で衛星データ間の差があらわれている。Planetを使用したケースの方が、再現率が高くなる傾向がみられ、Sentinel-2よりも空間分解能が細かいために裸地化したピクセルをカバーしやすいことが影響している可能性がある。

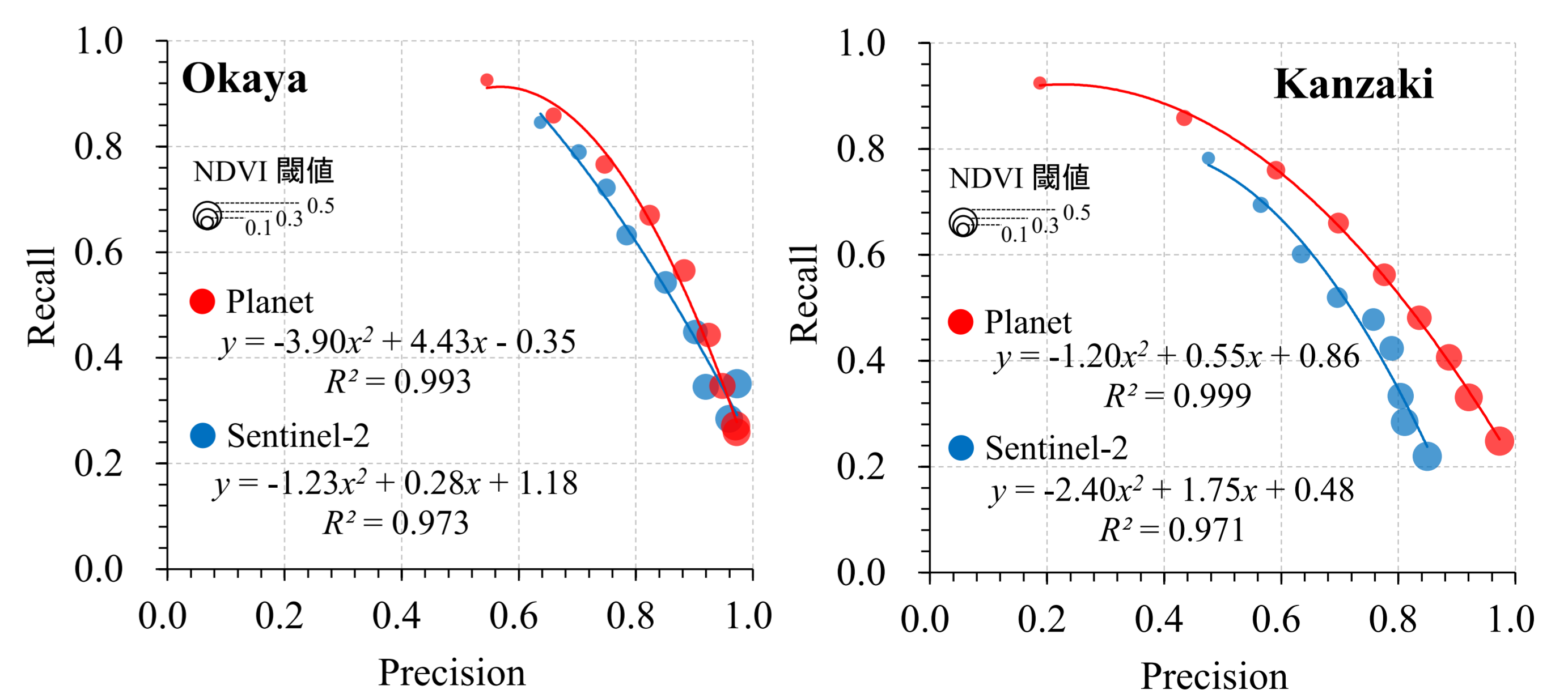


Figure 5. Relationship between precision and recall

まとめ

- ✓ 適合率と再現率の関係は $y=ax^2+bx+c$ の二次式で近似でき、 R^2 値が0.97以上ときわめて高かった。両者は閾値が上がるにつれて適合率が高くなる一方、再現率が低くなるというトレードオフの関係にある。
- ✓ 衛星データ間で比較すると、適合率と再現率が最大を示すNDVI閾値ケースの適合率はSentinel-2が0.71、Planetが0.72となり、再現率はSentinel-2が0.70、Planetが0.75となり、特に再現率で衛星データ間の差があらわれていた。

参考資料： 1) 秋田寛己（2021）：2021年8月13～15日の長野県岡谷市の土砂災害における衛星画像からの斜面変動範囲の推定，<https://mizu.bosai.go.jp/key/2021Okaya>
2) 防災科学技術研究所 防災クロスビュー（2021）：令和3年8月の大雨，<https://xview.bosai.go.jp/view/index.html?appid=bb58410cc34341d4bfed505fc7a9f265>