

補足資料：荒廃地の抽出（一次抽出）

1. 検討概要

1.1 目的

熊本県では、令和 2 年 7 月豪雨により山腹崩壊および土砂流出等の被害が発生した。豪雨災害に伴い発生した山腹崩壊および土砂流出について、豪雨前後 2 時期の衛星画像を用いて崩壊箇所を広域的に確認し、山腹崩壊および土砂流出被害の特性を把握した。

1.2 検討内容

本検討では、光学衛星の特性を利用し、山腹崩壊および土砂流出が発生したと考えられる箇所を把握するため、令和 2 年 7 月豪雨の前後に撮影された衛星画像における、地表面の変化から植生量が減少したと考えられる領域を豪雨により発生した可能性のある山腹崩壊および土砂流出（以下、荒廃地等とする）として抽出した。

具体的には、2 時期の Sentinel-2 の衛星画像を用いて NDVI（Normalized Difference Vegetation Index：正規化植生指数）及び NDVI 比から対象降雨により発生した荒廃地等を抽出した。

1.3 検討の流れ

検討の流れを図 1.1 に示す。

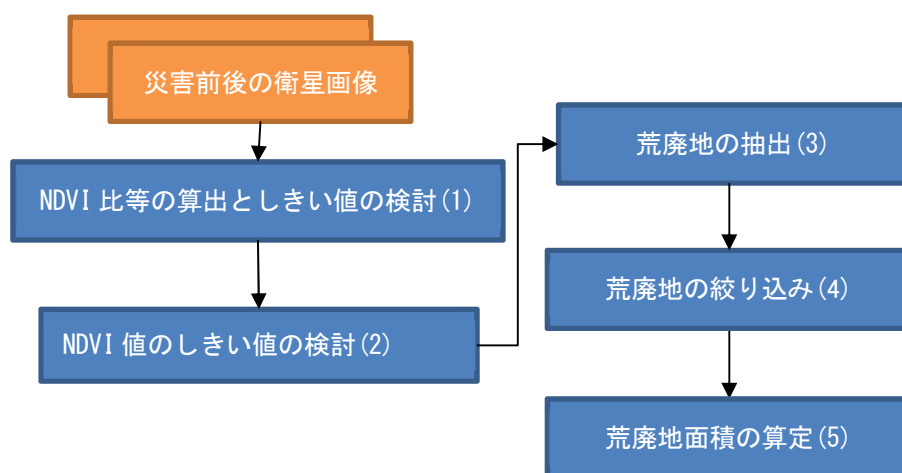


図 1.1 検討の流れ

(1) NDVI 比等の算出としきい値の検討

・NDVI 及び NDVI 比の算出

災害前後の衛星画像における反射率をもとに、正規化植生指数（Normalized Differential Vegetation Index（以下「NDVI」）を算出した。

・教師データの選定

教師データは、災害前後で裸地であった箇所、災害前後で植生がある箇所、災害前は植生があり、

災害後は植生がない（≡裸地）箇所の 3 パターン設定し、それぞれ 100 箇所程度選定した。

・NDVI の分布から植生/非植生の基準を設定した。3 パターンの教師データの統計量を算出し、荒廃地及び非荒廃地を分類するための NDVI 比のしきい値を検討した。

(2) NDVI 値の閾値の設定

荒廃地等の抽出精度の向上を図るため、NDVI 値による豪雨前後の地表面の状態を反映したしきい値を設定した。

(3) 荒廃地等の抽出

検討したしきい値から荒廃地等を抽出した。

(4) 荒廃地の絞り込み

(3) で抽出した荒廃地を対象とし、平成 29 年九州北部豪雨での既往の判読結果等を参考に、抽出した荒廃地等から、目視による雲の除去及び森林域データによる道路や河川、林道等にかかる抽出箇所の除外を行い、荒廃地等の絞り込みを行った。

(5) 荒廃地等面積の算定

衛星画像の解析により抽出した荒廃地等の面積を市町村単位で集計した。

2. 荒廃地等の抽出

2.1 使用データ

(1) 衛星画像

使用した衛星画像は、表 2.1 に示した Sentinel-2 の観測による解像度 10m のデータである。7 月豪雨前は 2020 年 5 月 11 日、豪雨後は 2020 年 8 月 19 日に観測されたデータを使用することとし、球磨川流域は、図 2.1 に示すように上下 2 図郭に含まれるため、それぞれ 2 枚の衛星データ、計 4 枚の画像データを使用した。

表 2.1 衛星画像の一覧

No	観測日	災害前後の区別	備考
1	2020/5/11	災害前	T52SFB_20200511T015701
2	2020/5/11	災害前	T52SFA_20200511T015701
3	2020/8/19	災害後	T52SFB_20200819T015701
4	2020/8/19	災害後	T52SFA_20200819T015701



図 2.1 衛星画像の図郭範囲

(2) 森林域

熊本県内の森林域は、以下のデータを使用した。国有林は国土数値情報のデータ、民有林は熊本県から借用した森林 GIS のデータを使用する。

表 2.2 森林域データの一覧

No	内容	形式	所管
1	国有林	ポリゴン	国土数値情報
2	民有林	ポリゴン	熊本県（森林 GIS）

(3) その他

行政界は、国土地理院が公開する基盤地図情報のベクタデータをダウンロードして使用した。
上記のデータをもとに、Harris Geospatial 社の ENVI5.5 を使用して解析を行った。

2.2 荒廃地等の抽出

2.2.1 NDVI 比等の算出としきい値の検討

(1) NDVI 及び NDVI 比の算出

本業務では、7 月豪雨前後の NDVI を以下に示すとおりそれぞれ算出し、その比（NDVI 比）により植生の変化をしきい値により分類することで、荒廃地の範囲を把握した。NDVI 比と荒廃地の関係を表 2.3 に再掲する。

$$\text{NDVI} = \frac{\text{近赤外波長 (IR)} - \text{赤波長 (R)}}{\text{近赤外波長 (IR)} + \text{赤波長 (R)}} \quad \text{NDVI 比} = \frac{\text{災害後 NDVI}}{\text{災害前 NDVI}}$$

表 2.3 NDVI 比と災害前後の荒廃地の関係

NDVI 比	植生量の変化	荒廃地
NDVI 比が 1 又は 1 より大きい	植生量の変化なし又は増加	なし
NDVI 比が 1 より小さい	植生量が減少	あり

今回の検討では、荒廃地の抽出精度を向上するため、NDVI 比及び対象降雨前後それぞれの NDVI 値の 3 つの条件（しきい値）を設定し、それらすべて包括するエリアを荒廃地とみなし抽出した。

(2) 教師データの選定

豪雨で発生した荒廃地等を衛星画像から抽出するため、地表面の状態が把握できる場所の NDVI や NDVI 比の値を調べ、荒廃地と非荒廃地を分離するためのしきい値を設定する必要がある。

教師データは、豪雨前に裸地であった箇所が荒廃地となった範囲を抽出することを目的としたパターン 1 を設定した。次に、豪雨前後で植生がある非荒廃地における NDVI 比の下限からしきい値を導くことを目的としたパターン 2 を設定した。パターン 3 は、災害前の画像では植生、災害後の画像で裸地となった荒廃地における NDVI 比の上限からしきい値を導くことを目的とした。上記 3 パターンそれぞれ 100 箇所程度選定し、教師データとした。教師データのパターンを表 2.4 に示した。

表 2.4 教師データのパターン

パターン	災害前の状態	災害後の状態	備考
1	裸地	裸地	豪雨前に裸地であった箇所（荒廃地の教師データ）
2	植生	植生	豪雨前後で植生であった箇所（非荒廃地の教師データ）
3	植生	裸地	災害前が植生、災害後に裸地となった箇所（荒廃地の教師データ）

教師データの選定には、衛星画像の青、緑、赤バンドのデータを RGB に割り当てたトゥルーカラー表示による画像のほか、NDVI 画像を用いて、災害前後の植生/非植生を判定した。トゥルーカラー表示とは、衛星画像の赤、緑、青バンドをそれぞれ RGB に割り当てる表示方法である。一般的なカメラと同様の表示となり、地表面の状態を把握しやすい一方で、色のストレッチ表示によりユーザーが任意で色合いを調整が可能で、恣意的になりやすいため、NDVI 画像も参考にした。NDVI 画像を用いたサンプリング例を図 2.3 に示した。

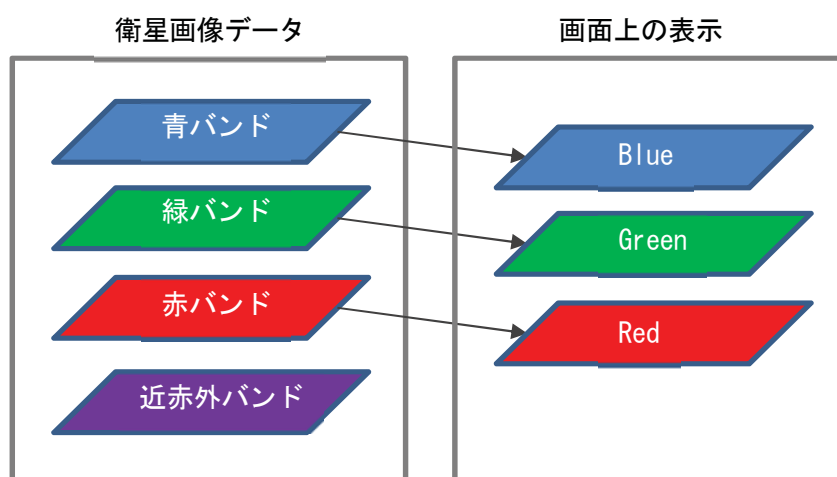


図 2.2 バンドの割り当てによるトゥルーカラー表示

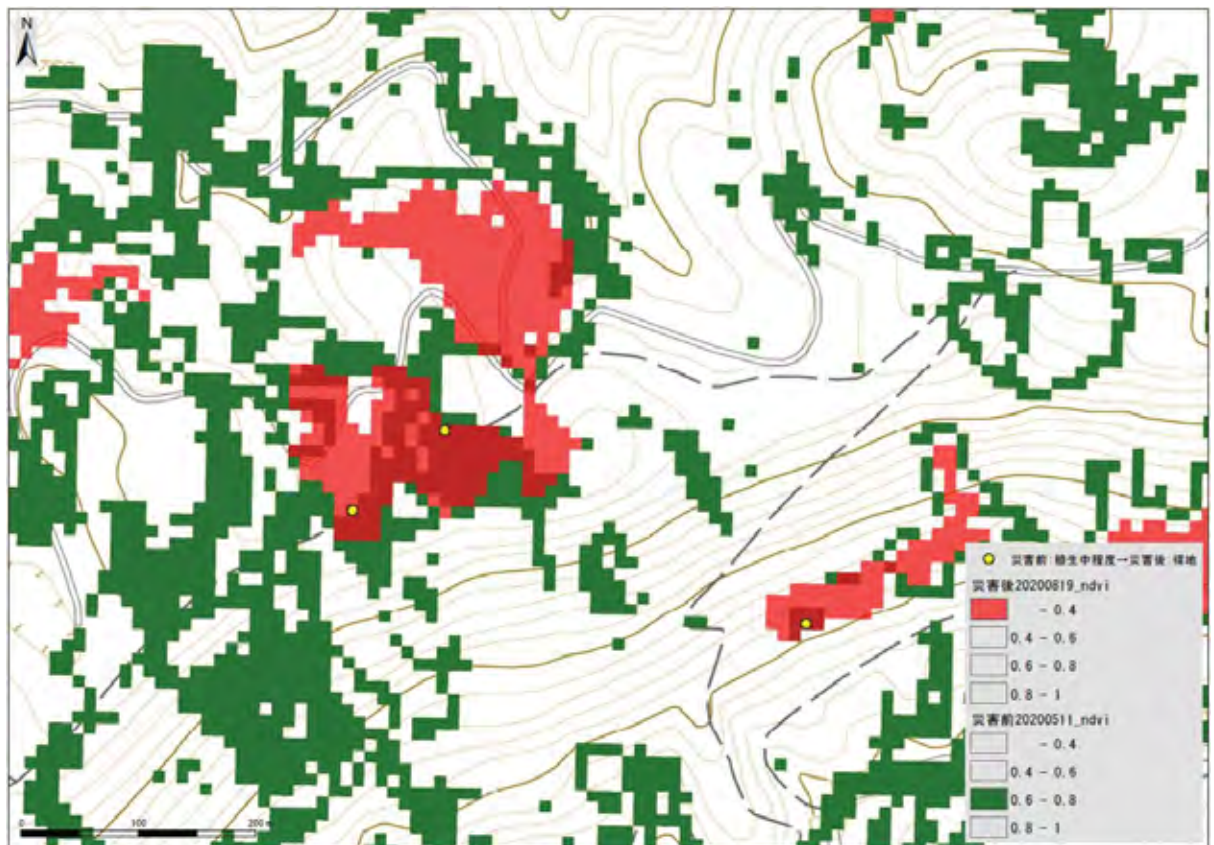


図 2.3 NDVI 画像を用いた教師データの例

(3) 植生/非植生の領域の区分

ある地点の NDVI は、地表面の被覆に変化がない場合でも観測時の日射量や植物の光合成量等によって変化する。本解析では、季節が異なる 5 月と 8 月のデータを用いたため、上記の影響により地表面の状態が同じでも NDVI が異なることが想定された。そこで、トゥルーカラー画像で比較的識別しやすい裸地となる箇所を選定し、パターン 1 の教師データとし、NDVI の分布から、植生/非植生の基準を設定した。

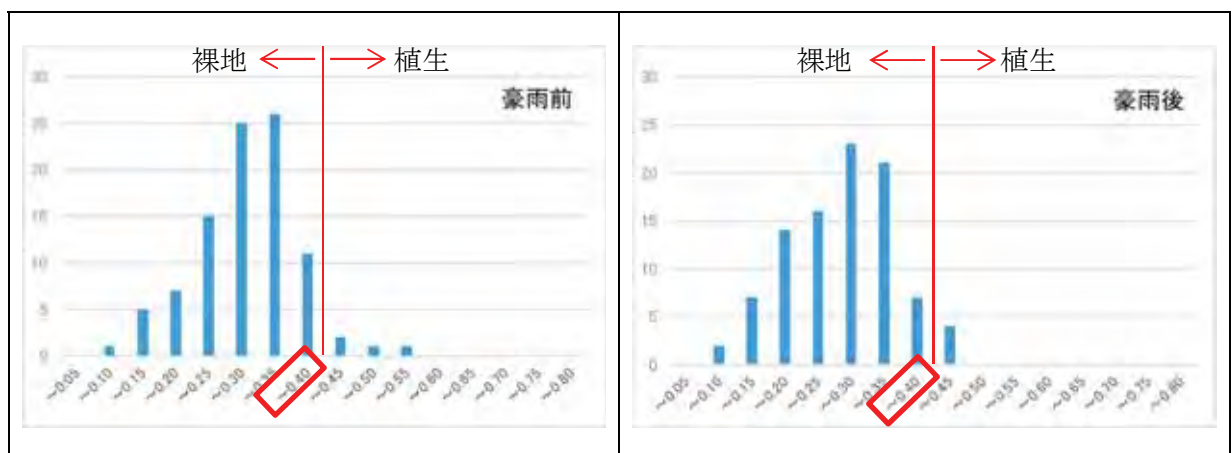


図 2.4 パターン 1 における災害前後の NDVI 値の分布

図 2.4 に示すとおり、パターン 1 は NDVI が概ね 0.4 以下となったため、NDVI が 0.4 以下とな

る範囲を非植生、すなわち裸地とし、NDVI が 0.4 より大きな範囲を植生がある範囲とした。

上記の基準をもとに、災害前後の NDVI 値を参考にパターン 2、3 の教師データを選定した。

(4) NDVI 比のしきい値の検討

荒廃地と非荒廃地を分離するための NDVI 比のしきい値を検討するため、前節で選定した教師データの統計量をパターンごとに図 2.5 にプロットした。

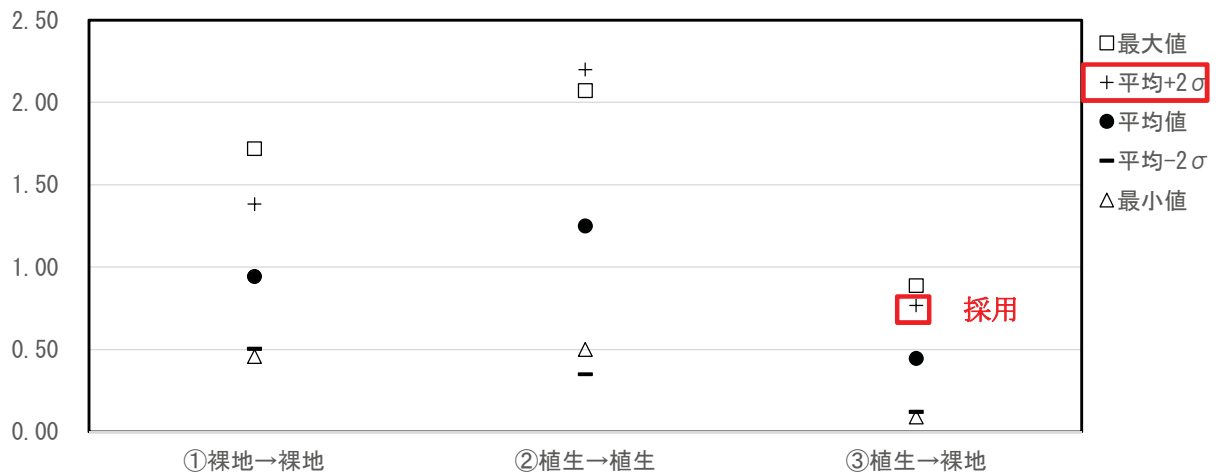


図 2.5 教師データにおける NDVI 比の統計量

図 2.5 より、パターン 1 (①裸地→裸地) では平均±2σは 0.5036～1.3821 となり、災害前後で NDVI が増加することで NDVI 比が 1 を超えるデータと、災害前後で NDVI が減少することで NDVI 比が 1 を下回るデータが混在する結果となった。これは、植生量又はバイオマスが増加したデータが混在していることが原因の一つと考えられる。この値をしきい値として用いると、植生量が増加した箇所を含むピクセルが抽出されてしまい過大評価となることから、パターン 1 は不採用とした。

パターン 2 (②植生→植生) は非荒廃地の教師データであり、非荒廃地の下限を荒廃地／非荒廃地を分離するためのしきい値となる可能性があった。しかし、パターン 2 でも平均±2σの分布は 0.3160～2.1878 となり、パターン 1 と同じく NDVI 比が 1 を跨いで前後に分布する結果となった。この場合、パターン 1 と同じく NDVI 比が 1 を超える範囲が荒廃地等として抽出されるため、不採用とした。

一方、図 2.5 よりパターン 3 (③植生→裸地) の平均値が約 0.5、平均±2σは 0.1228～0.7675 となり、パターン 3 の NDVI 比は概ね 1 を下回った。あるデータが正規分布を示す場合、一般に平均+2σの範囲にそのデータの約 95%が含まれることから、パターン 3 の教師データにおいて、平均+2σよりも NDVI 比が小さければ荒廃地に分類することができる。これをしきい値にすることで、荒廃地とそれ以外を分離することが可能と考えられる。以上から、パターン 3 の教師データの平均+2σである 0.7675 を NDVI 比のしきい値とした。NDVI 比のしきい値による荒廃地等の抽出結果を図 2.6 及び図 2.7 に示す。

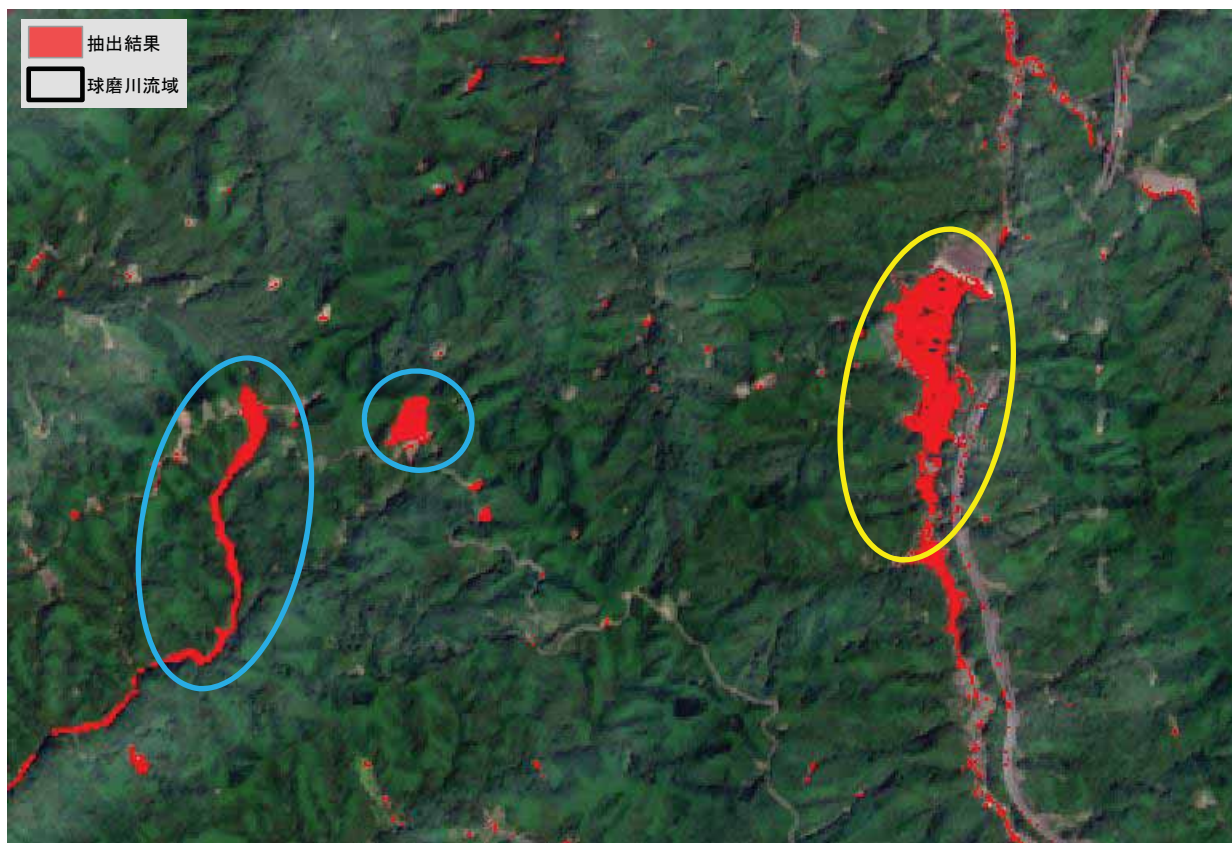


図 2.6 NDVI 比による荒廃地の抽出結果例(1)

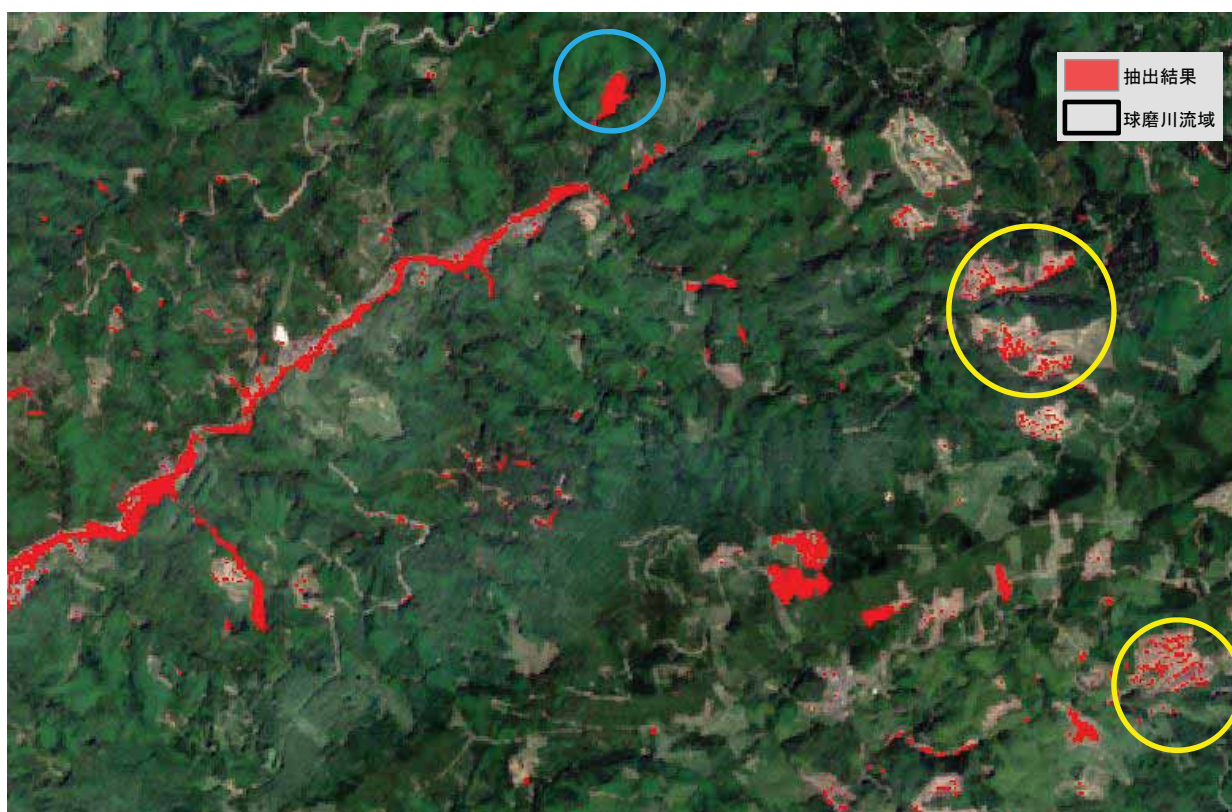


図 2.7 NDVI 比による荒廃地の抽出結果例(2)

図 2.6 より、青色で示した範囲では対象降雨により発生した可能性が高い荒廃地の形状が抽出されているが、黄色の範囲はダム湖である。また図 2.7 においても青色の範囲では、荒廃地等の形状が抽出されているが、黄色の範囲は衛星画像から皆伐地と推測され、豪雨前から裸地であったと考えられる。

上記のことから、NDVI 比による荒廃地の抽出結果には、豪雨前に既に裸地やその他森林以外の状態であった箇所が含まれており、NDVI 比のみでは対象地の荒廃地等を抽出することは困難であることが分かった。

2.2.2 NDVI 値のしきい値の検討

前項では、NDVI 比のしきい値を設定し荒廃地等を抽出したが、皆伐地等のように豪雨前から裸地であった箇所も一緒に抽出された。このため、先の NDVI 比によるしきい値に加え、NDVI 値による豪雨前後の地表面の状態を反映したしきい値を設定することで、荒廃地等の抽出精度向上を図ることとした。

(1) 教師データの選定

2.2.1 (3) では、NDVI 比のしきい値検討のための教師データを選ぶ際の目安として、植生と非植生を区分する NDVI 値は 0.4 とした。この値を用いて、荒廃地等の絞り込みを行った結果を図 2.8 に示す。表示範囲は図 2.7 と同じとした。図 2.8 より、黄色の範囲では豪雨前に植生ではなかった箇所が、荒廃地等から除外されたことを確認した。

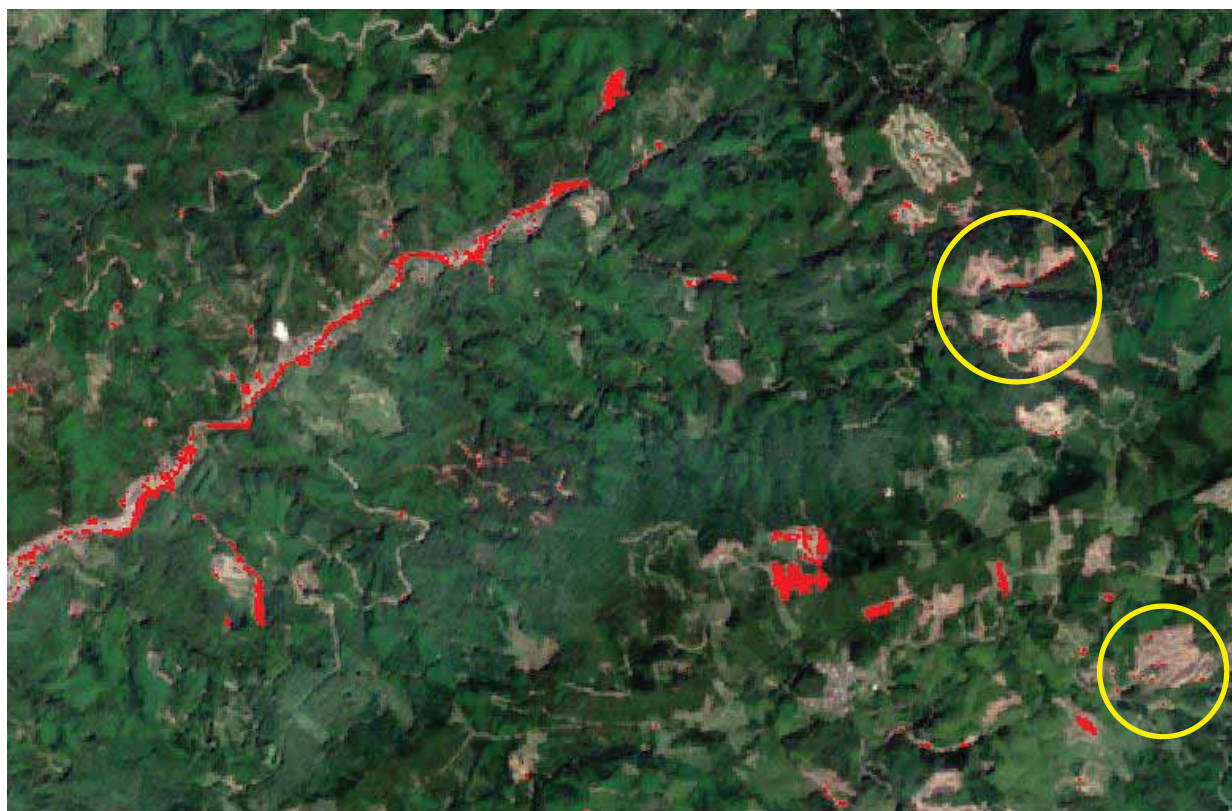


図 2.8 NDVI 比及び NDVI 値による抽出結果例(1)

一方、図 2.9 中赤枠の範囲は、災害前は植生があるが、災害後は植生がない裸地となった箇所である（パターン 3 に該当）。図 2.10 の抽出結果図において、前節で決定した NDVI 比がしきい値の条件を満たすのは、赤くハッチングされている箇所である。画像上で肌色に見える範囲は、裸地となったと考えられ、その全域が抽出されているのが望ましいが、裸地の中心部や裸地の外側が抽出されなかった（図 2.10 の白枠）。裸地となった範囲全域が抽出されるよう、災害後の NDVI のしきい値を見直す必要があるため、新たな教師データのパターンを選定することとした。災害前は植生、災害後は裸地となった箇所であつ、荒廃地として抽出されなかった箇所をパターン 4 として設定した。パターン 4 の条件を表 2.5 に示す。

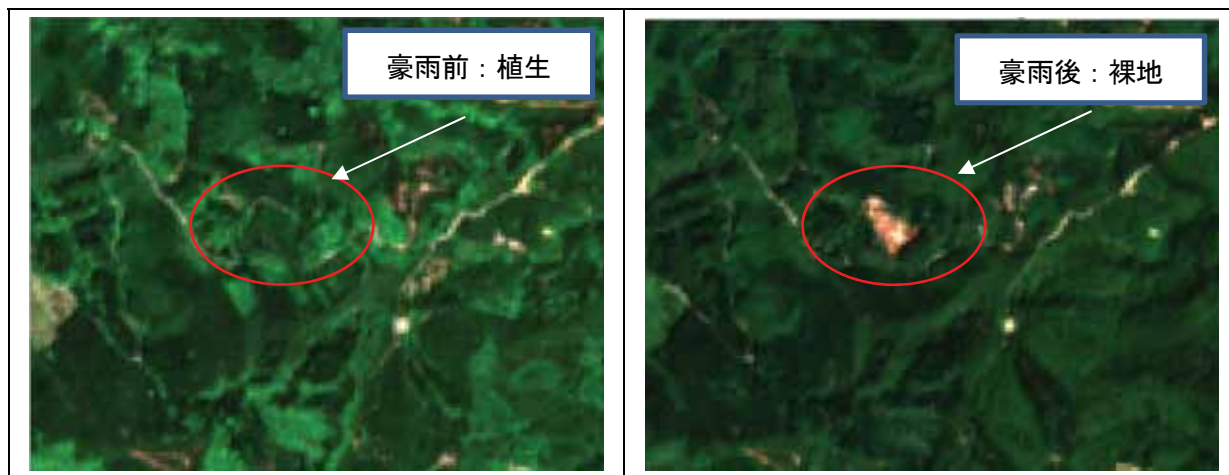


図 2.9 NDVI 比及び NDVI 値による抽出結果例(2)



図 2.10 NDVI 比及び NDVI 値による抽出結果例(2)の拡大図

表 2.5 教師データのパターン 4 の条件

パターン	災害前の状態	災害後の状態	抽出状況	備考
4	植生	裸地	なし	災害前は植生あり、災害後は裸地となった箇所かつ荒廃地として抽出されなかった箇所

(2) NDVI 値のしきい値の検討

図 2.11 にパターン 1 およびパターン 4 における NDVI 値の分布を示す。図 2.11 の水色で示すパターン 1 における NDVI の分布から 0.4 以下を裸地としていたが、パターン 4 における NDVI の分布から 0.75 以下の範囲が裸地を示す分布となっている。

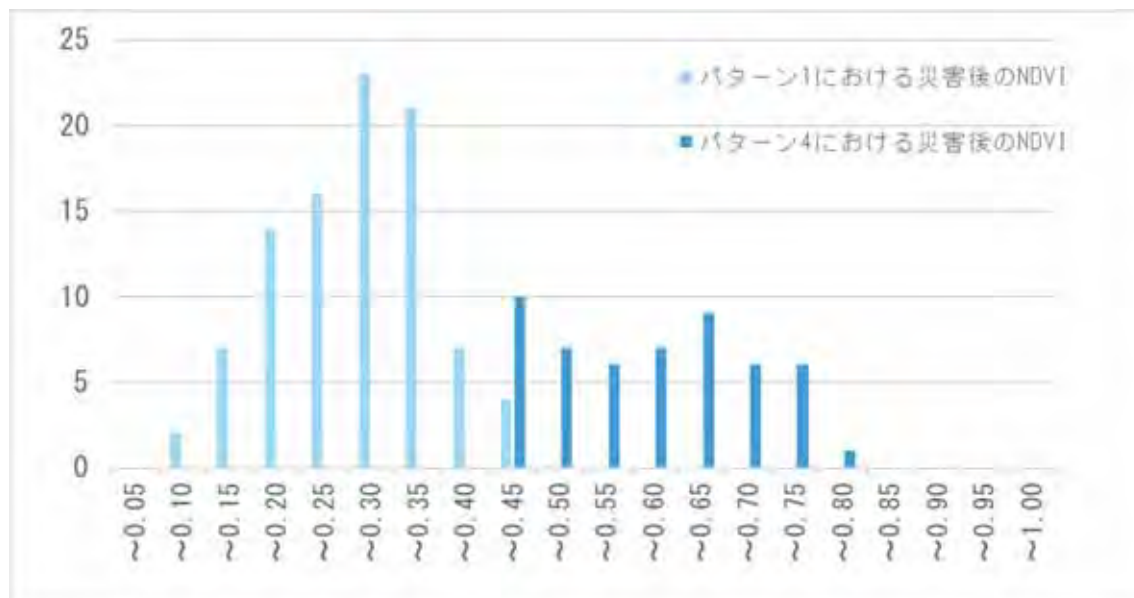


図 2.11 パターン 1 およびパターン 4 における災害後の NDVI

図 2.12 にパターン 4 における災害後の NDVI の統計量を示す。パターン 4 の教師データにおいて、平均+2 σ よりも災害後の NDVI が小さければ裸地に分類することができる。これをしきい値にすることで、災害前は植生ありから、災害後は植生なし（≒裸地）となった箇所から抽出されなかった箇所が裸地として抽出されると考えられる。平均+2 σ は 0.77 となり、災害後の NDVI のしきい値を 0.77 として抽出を行う。

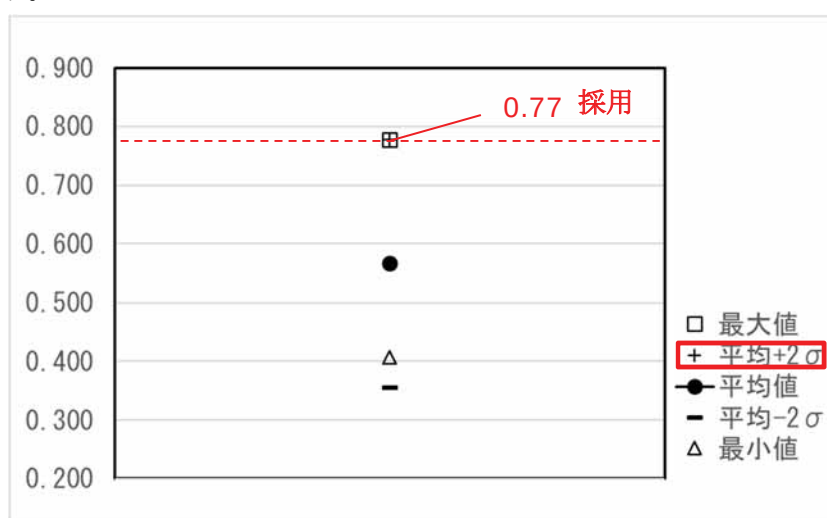


図 2.12 パターン 4 における災害後の NDVI の統計量

災害後の NDVI が 0.4 以下の範囲が裸地となるしきい値で抽出した結果図（左）と災害後の NDVI が 0.77 以下の範囲が裸地となるしきい値で抽出した結果図（右）を図 2.13 に示す。

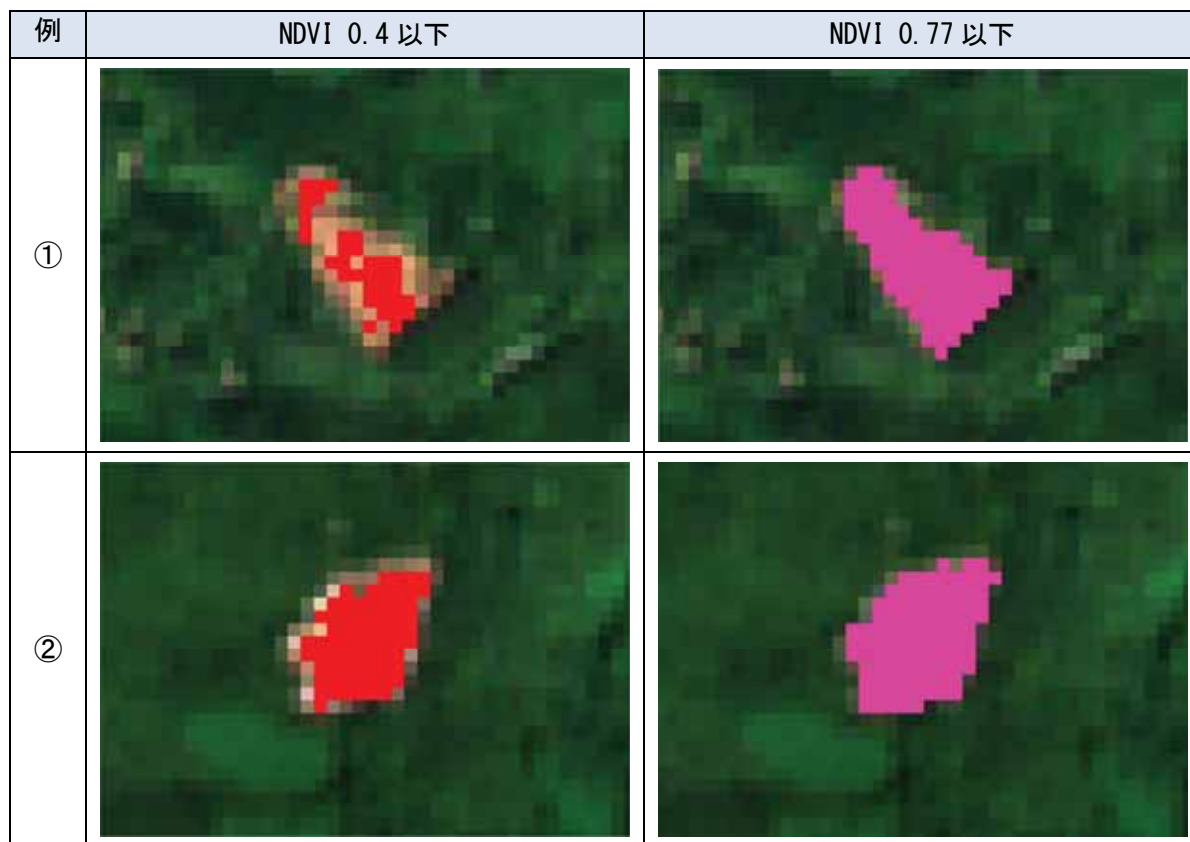


図 2.13 左 : NDVI 値 0.4 以下 右 : NDVI 値平均+2 σ (=0.77) 抽出結果図

図 2.13 の結果から、災害後の NDVI が 0.4 以下の場合の抽出結果は、裸地となった中心部や裸地の外側が抽出されていなかったのに対し、災害後の NDVI が 0.77 以下の場合の抽出結果は、裸地範囲全体を抽出している。この結果から、災害後の NDVI 値のしきい値は 0.77とした。

しきい値の検討結果から得られた条件を下記に示した。これらの 3 つの条件すべてを満たす場所を荒廃地等として抽出することとした。

- ① 災害前 (5/11) の NDVI : $\text{NDVI} > 0.4$
- ② 災害後 (8/19) の NDVI : $\text{NDVI} \leq 0.77$
- ③ NDVI 比 (災害後/災害前) : $\text{NDVI 比} \leq 0.7675$

2.2.3 荒廃地の抽出

しきい値の検討結果の条件を用いて抽出した結果を示す。図 2.14 に抽出結果の全体図、図 2.15 ～図 2.18 に抽出結果の拡大図を示す。

抽出結果図の赤いハッチ範囲が抽出結果、黒枠は球磨川流域、背景は災害後の 2020 年 8 月 19 日の衛星画像を表示している。

図 2.14 の結果図において、右下部分の目立った赤いハッチの塊は雲である。図 2.15 に示すように、数は少ないが、大きく目立つ雲が多い。

図 2.16 は、荒廃地ではない箇所（皆伐地や改変地等）が抽出されている結果図であり、図 2.14 で大きく目立つ（面積が広い）箇所が散見された。

図 2.18 の結果図のように、道路や河川内の堆積土砂が抽出されており、荒廃地等ではない。

上記のように、荒廃地等として抽出されたが、実際には荒廃地ではない箇所を後述する絞り込みにより除去した。

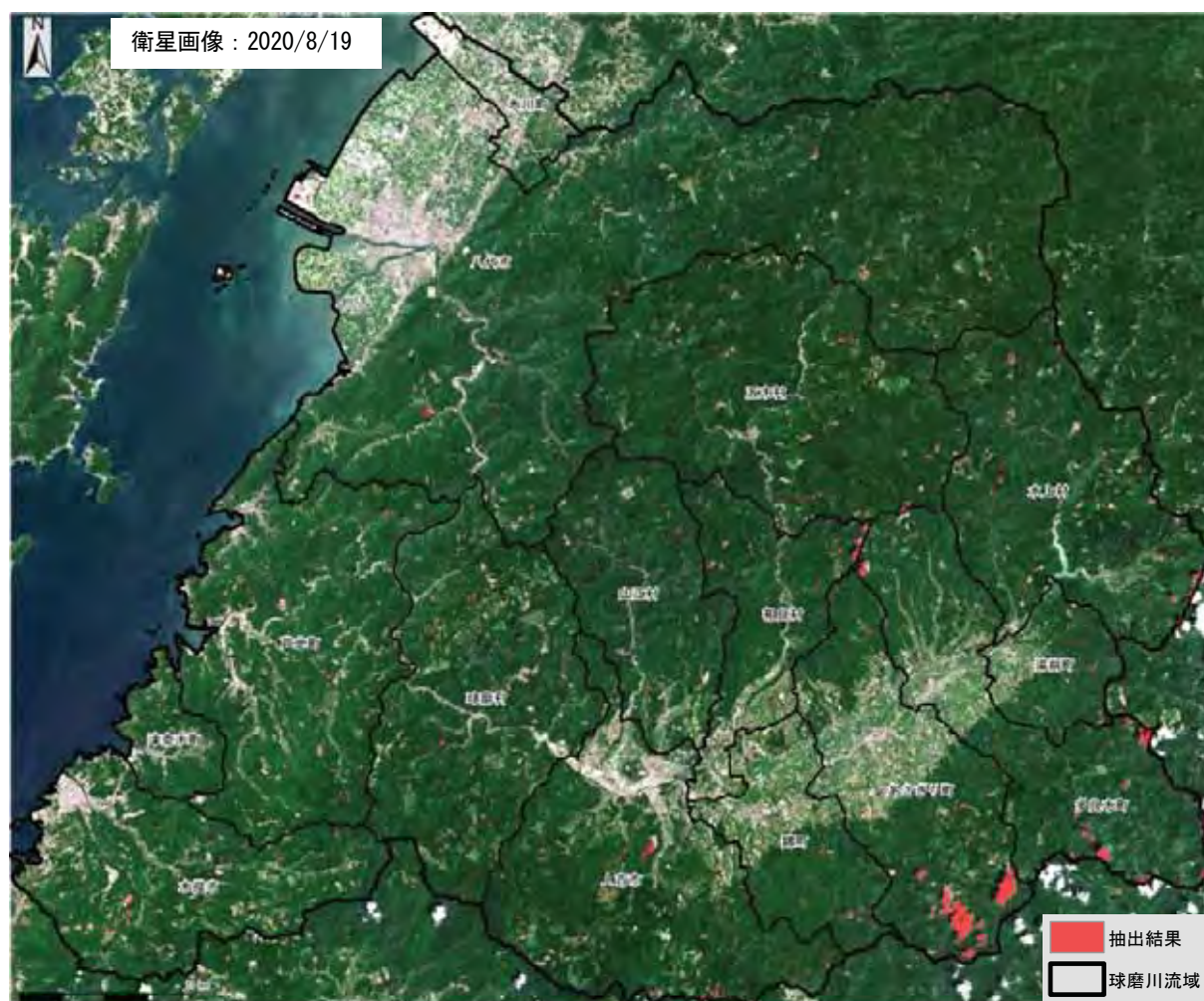


図 2.14 抽出結果全体図

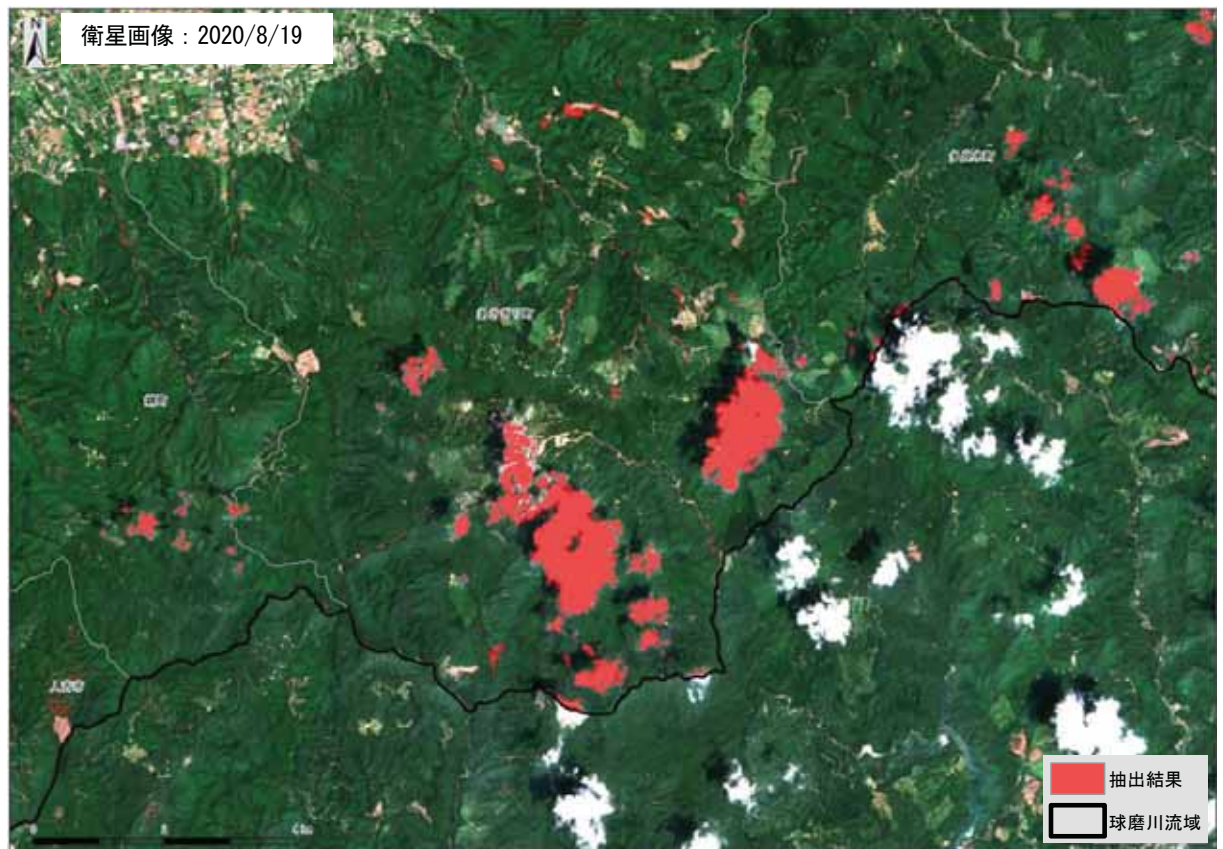


図 2.15 抽出結果拡大図 雲抽出例



図 2.16 抽出結果拡大図 荒廃地ではない箇所（皆伐地）での抽出例



図 2.17 抽出結果拡大図 道路や河川での抽出例

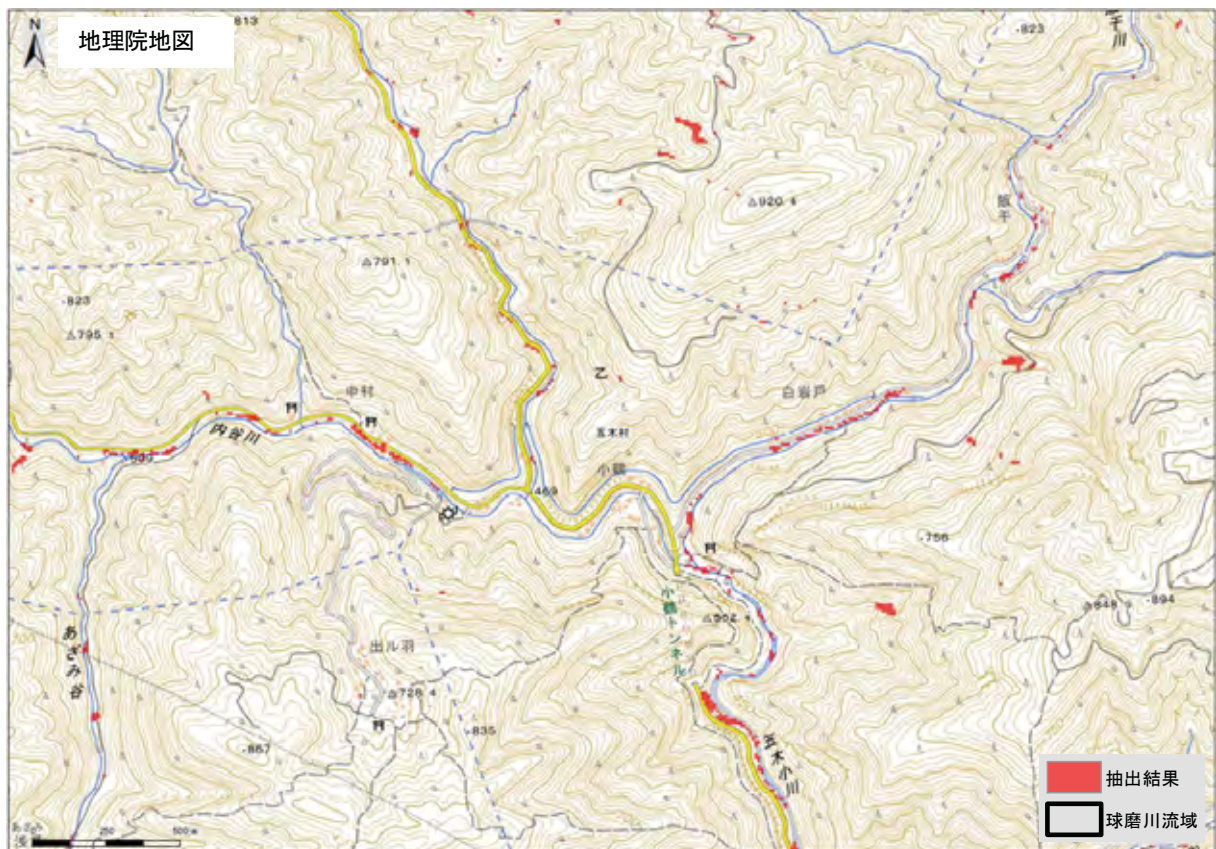


図 2.18 抽出結果拡大図 道路や河川での抽出例（地理院地図）

2.2.4 荒廃地の絞り込み

(1) 荒廃地の絞り込み条件

荒廃地の抽出結果から、下記の条件により荒廃地の絞り込みを行った。図 2.19 及び図 2.20 に森林域データにより除外される箇所と抽出箇所の例を示す。

- ① 目視による雲の除去
- ② 森林域データによる道路や河川、林道などで抽出された箇所の除外
- ③ 上記 2 つの条件により抽出された荒廃地のうち、大面積の箇所についてはデジタルオルソとの確認を行い、荒廃地でない場合（皆伐地など）は除外した。

→荒廃地等の規模は、H29 年九州北部豪雨での判読実績（国土地理院）に準じ、荒廃地面積 500 m² 以上（5 メッシュ以上）とした。

※森林域データ：国有林は国土数値情報のデータ、民有林は熊本県から借用した森林 GIS データを使用した。

図 2.19 および図 2.20 に示すように、国有林や民有林にかからない白く抜けている範囲（道路や河川、林道など）を除外した。

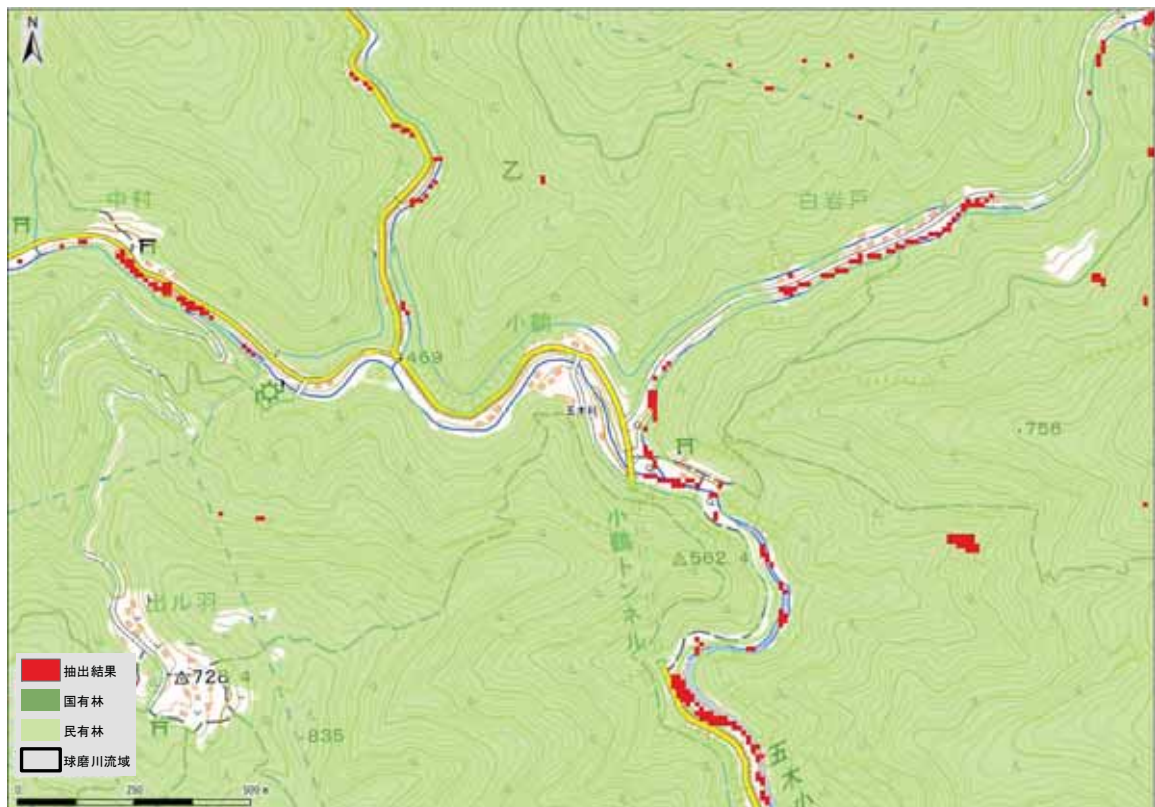


図 2.19 森林域データによる除外箇所と抽出箇所（例 1）

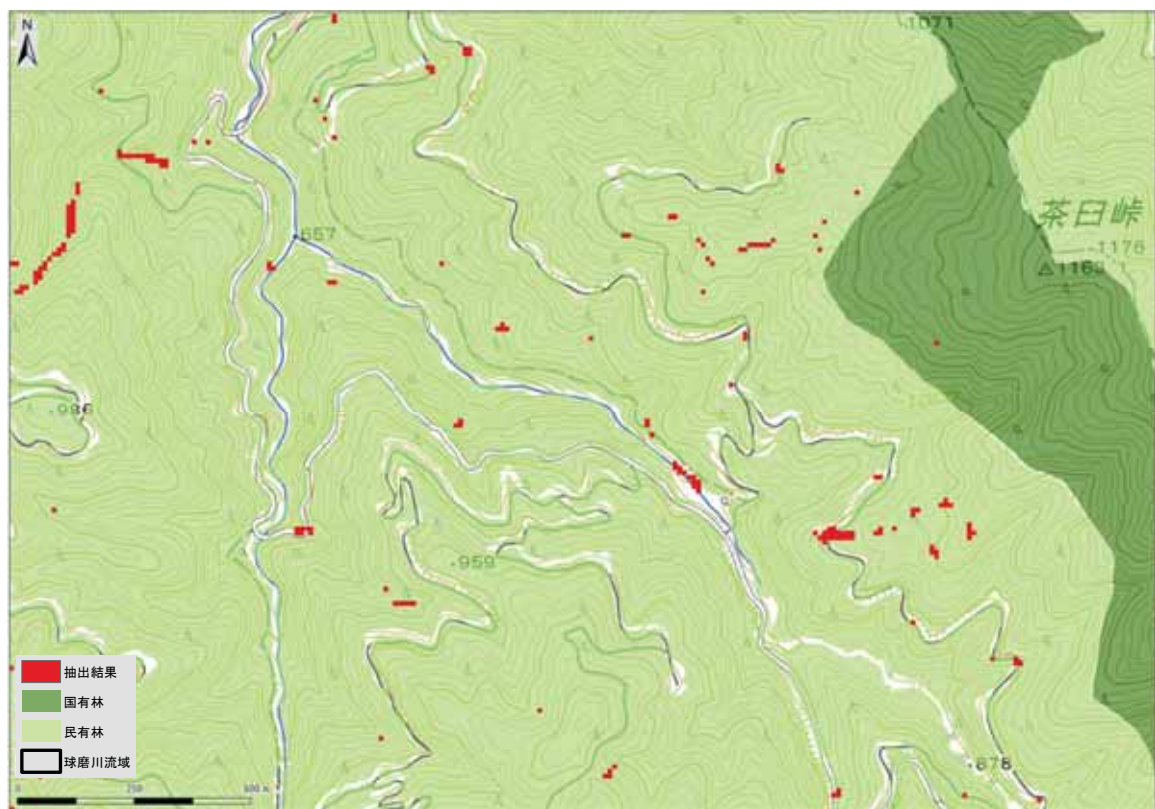


図 2.20 森林域データによる除外箇所と抽出箇所（例 2）

(2) 荒廃地の絞り込み結果

絞り込み条件により除外し、荒廃地面積が 500 m²以上となった箇所を抽出結果図を図 2.21～図 2.22 に示す。

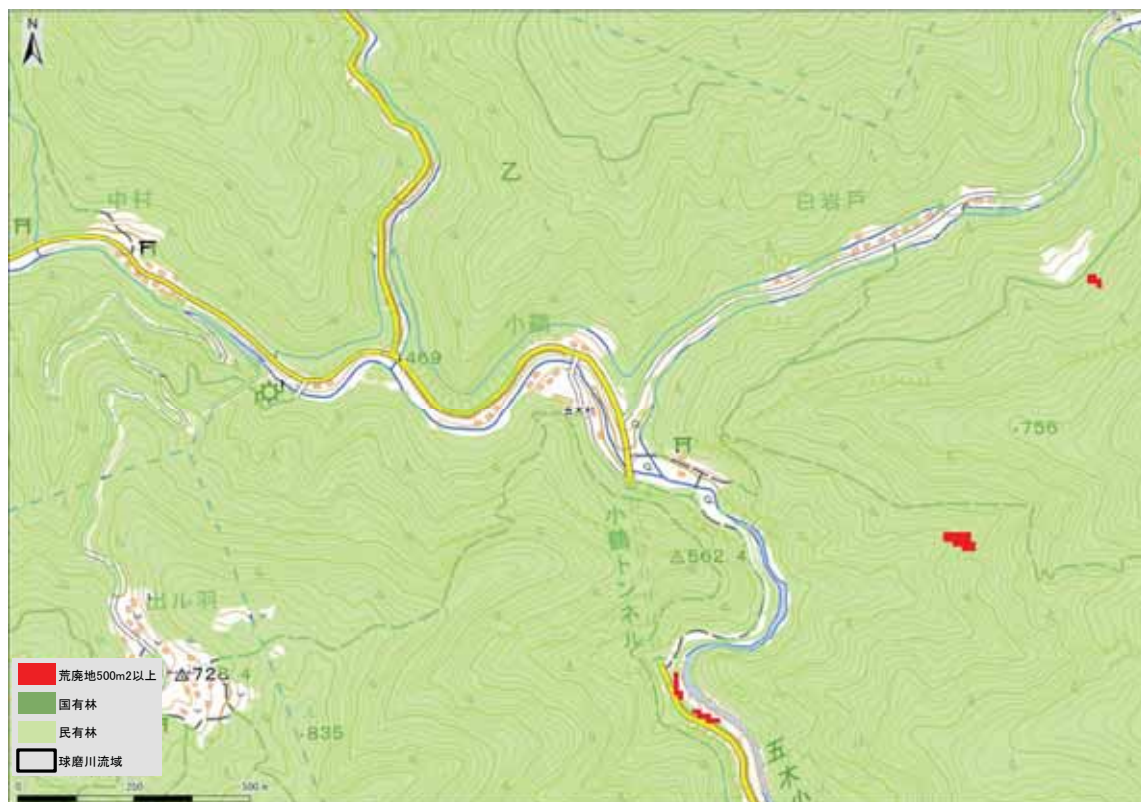


図 2.21 除外後の抽出結果図（荒廃地 500m² 以上）（例 1）

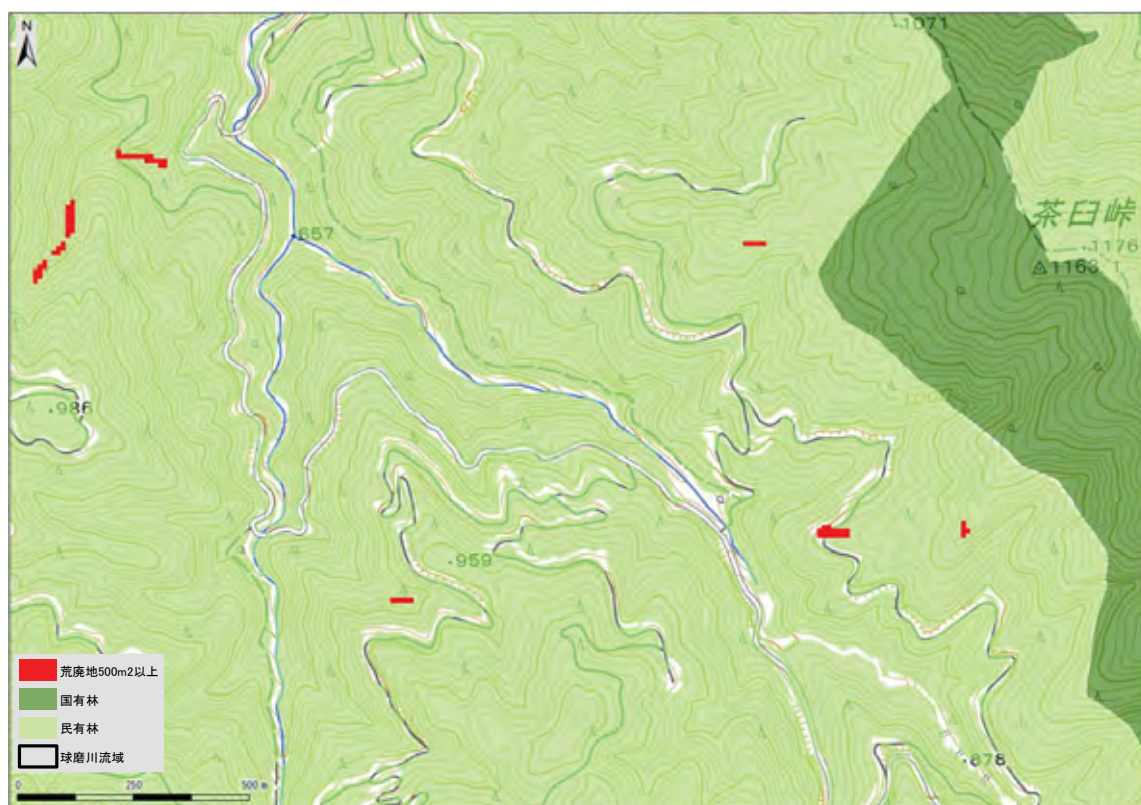


図 2.22 除外後の抽出結果図（荒廃地 500 m² 以上）（例 2）

2.3 荒廃地面積の算定

荒廃地抽出結果一覧表を表 2.6 および図 2.23 に荒廃地抽出結果図の全体図を示す。

市町村ごとに荒廃地面積や箇所数、100ha 当たりの荒廃地箇所数を取りまとめた。

協議の結果、100ha 当たりの荒廃地箇所数の多い順である湯前町、あさぎり町について、オルソ画像との比較による 250 箇所程度の荒廃地のポリゴン化を行うこととした。

表 2.6 衛星画像を用いた荒廃地抽出結果一覧表

市町村	地質	森林面積 (ha)	荒廃地			
			衛星画像による一次抽出			
			面積 (ha)	面積率	箇所数	100ha当たり荒 廃地箇所数
氷川町	付加体・堆積岩・火山岩類	90.44	0	0.00%	0	0.00
八代市	付加体・堆積岩	50387.25	83.8	0.17%	474	0.94
五木村	付加体・一部堆積岩	23914.45	43.66	0.18%	228	0.95
水上村	付加体・花崗岩類	17555.92	49.69	0.28%	274	1.56
芦北町	付加体・火山岩類	18615.61	60.94	0.33%	297	1.60
球磨村	付加体・火山岩類	18356.7	62.39	0.34%	352	1.92
山江村	付加体・一部火山岩類	10502.59	25.13	0.24%	162	1.54
相良村	付加体・一部火山岩類	7012.67	14.95	0.21%	77	1.10
湯前町	付加体	3579.32	21.44	0.60%	143	4.00
津奈木町	火山岩類	2235.05	3.05	0.14%	19	0.85
水俣市	火山岩類	12170.94	48.32	0.40%	129	1.06
人吉市	火山岩類・一部付加体	16036.49	55.45	0.35%	231	1.44
錦町	付加体	4948.24	13.76	0.28%	95	1.92
あさぎり町	付加体	10583.8	39.24	0.37%	227	2.14
多良木町	付加体	13194.16	22.58	0.17%	164	1.24
合計		209183.63	544.4	0.26%	2,872	1.37

