

3. 実施内容

3.1. 伐採等の森林変化と土砂流出発生の有無の関連性に係るデータ収集

伐採等の森林変化について精度、汎用性、経済性を踏まえた上で伐採等の森林変化箇所と土砂流出箇所の抽出に最適な手法について検討を行った。調査にあたって、まず、広範な調査が可能である衛星画像等のデータを活用し、土砂流出箇所の抽出を行った。その後、既存の航空レーザ計測成果等を用いて、上記の抽出手法に対し、精度や誤差が抽出結果に与える影響等を検証した。

3.1.1. 衛星画像等によるデータの収集

熊本県球磨川流域において、令和2年7月の豪雨時から遡って10年程度を目安として、森林変化箇所と当該森林変化における豪雨の影響と考えられる表層崩壊等による土砂流出の有無についてデータを収集した。データ収集に用いる衛星画像は、本調査目的を踏まえ、空間的、時間的な分解能と十分な判読性を有している必要があり、一般的で入手が容易な衛星による空間情報を表1に示す。

表1 森林監視に用いる主要な衛星

種類	光学衛星			SAR衛星
衛星名	WorldView-3 	Spot6&7 	Landsat-8,9 	ALOS-2 
運用者	Maxar	Airbus D&S	USGS/NASA	JAXA
撮影期間	2014/8~	2012/9~	2013/2~	2014/5~
衛星軌道	太陽同期準回帰軌道	太陽同期準回帰軌道	太陽同期準回帰軌道	太陽同期準回帰軌道
衛星高度	617km	694km	705km	628km
撮影幅	13.1km	60km	185km	50~70km
撮影頻度	約2日	毎日(2基体制)	約8日(2基体制)	約7日
地上分解能*	0.3m	1.5m	15m	3~10m(SMモード)

伐採等の森林変化に関する監視用途において活用される地球観測衛星として光学衛星とSAR衛星がある。SAR衛星は天候によらず撮影でき、森林から裸地への変化を捉えることが可能であるため、災害時の撮影に適している。しかし、本調査では後述する集材路等の変化を継続的に捉える必要があり、光学画像と比較すると不得手と言える。

光学衛星においては、ポインティングモード（衛星を任意の方向に傾けて観測する機能）を備えたWorldView-3およびSPOT6&7が観測頻度の面で優位である。また、地上分解能に注目すると、本調査では比較的小規模な変化を捉える必要があるため、同じく、WorldView-3およびSPOT6&7が候補である。ここで、本調査の条件として10年程度過去に遡ってデータを収集することから、アーカイブの特性も加味する必要がある。WorldView-3は観測幅が比較的狭く、観測需要が高いことからアーカイブ画像は都市部に集中しており、森林域を継続監視するには十分ではない。一方で、SPOT6&7は観測幅が広くかつ2基体制であるため、1年程度の期間があれば気象条件を考慮しても日本全国をくまなく撮影できる程の能力を有している。過去に遡って森林域のアーカイブを収集しても1年に1回は良好なアーカイブがあり、今後、広く森林域に調査範囲を広げるにあたって十分なデータを収集することが出来ると考えられる。以上から本調査においてはSPOT6&7を採用してデータを収集した。

3.1.2. 画像選定方針

本調査では対象地域の災害から 10 年間程度を目安に遡って森林変化を把握した上で、発災直前直後の画像を用いて災害時の森林変化を把握した。

本業務では令和 2 年 7 月豪雨を対象の災害とするが、この影響と考えられる土砂流出を把握するため、発災直前までの画像で判読を行い、その森林変化箇所を除くことで、他の災害等に起因する土砂流出等を除外する必要がある。これを踏まえ、表 2 に示す条件で画像を選定した。なお、後述に示す通り本調査ではマルチバンド解析（バンド間の演算によって地表の特徴を示す指標 NDVI、GSI 等を算出）を想定している。NDVI 等の指標は紅葉や落葉の影響を強く受けるため、発災直後の画像が観測された 7 月を基準として、同季節の画像を採用することで、比較検討におけるノイズの低減を図った。

表 2 画像選定方針

選定画像	摘要
経年変化アーカイブ	10 年程度に遡って等間隔に採用する画像。 被雲が少なく、7~9 月の画像とした。
発災直前画像	令和 2 年 7 月豪雨災害発災直前の画像。 被雲が少なく、可能な限り発災日に近いものとした。
発災直後画像	令和 2 年 7 月豪雨災害発災直後の画像。 被雲が少なく、可能な限り発災日に近いものとした。

経年変化アーカイブは 2 時期分の画像を収集した。今回採用する SPOT6&7 衛星は 2012 年打上の衛星であるため、当年から発災前年にあたる 2020 年までのアーカイブを検索し、4~9 月を基準に年毎に最も状態の良い画像を調査した。調査結果を下記に示す。

➤ 芦北町

芦北町の調査範囲におけるアーカイブの検索結果と衛星画像の採否を表 3 と図 3 に示す。

表 3 衛星画像の採否（芦北町）

No.	観測年	観測日	入射角	雲量	採否
1	2012	候補なし	-	-	
2	2013	2013/04/27	23.3	0%	○
3	2013	2013/09/23	8.0	10.0%	
4	2017	2017/04/28	11.2	0.7%	○
5	2017	2017/08/02	21.2	4.9%	
6	2020	2020/04/10	13.1	1.9%	
7	2020	2020/04/29	21.2	0.4%	○
8	2020	2020/06/09	18.0	36.2%	
9	2020	2020/07/18	9.7	31.0%	○
10	2020	2020/08/31	21.5	10.7%	
11	2020	2020/09/27	14.3	5.7%	

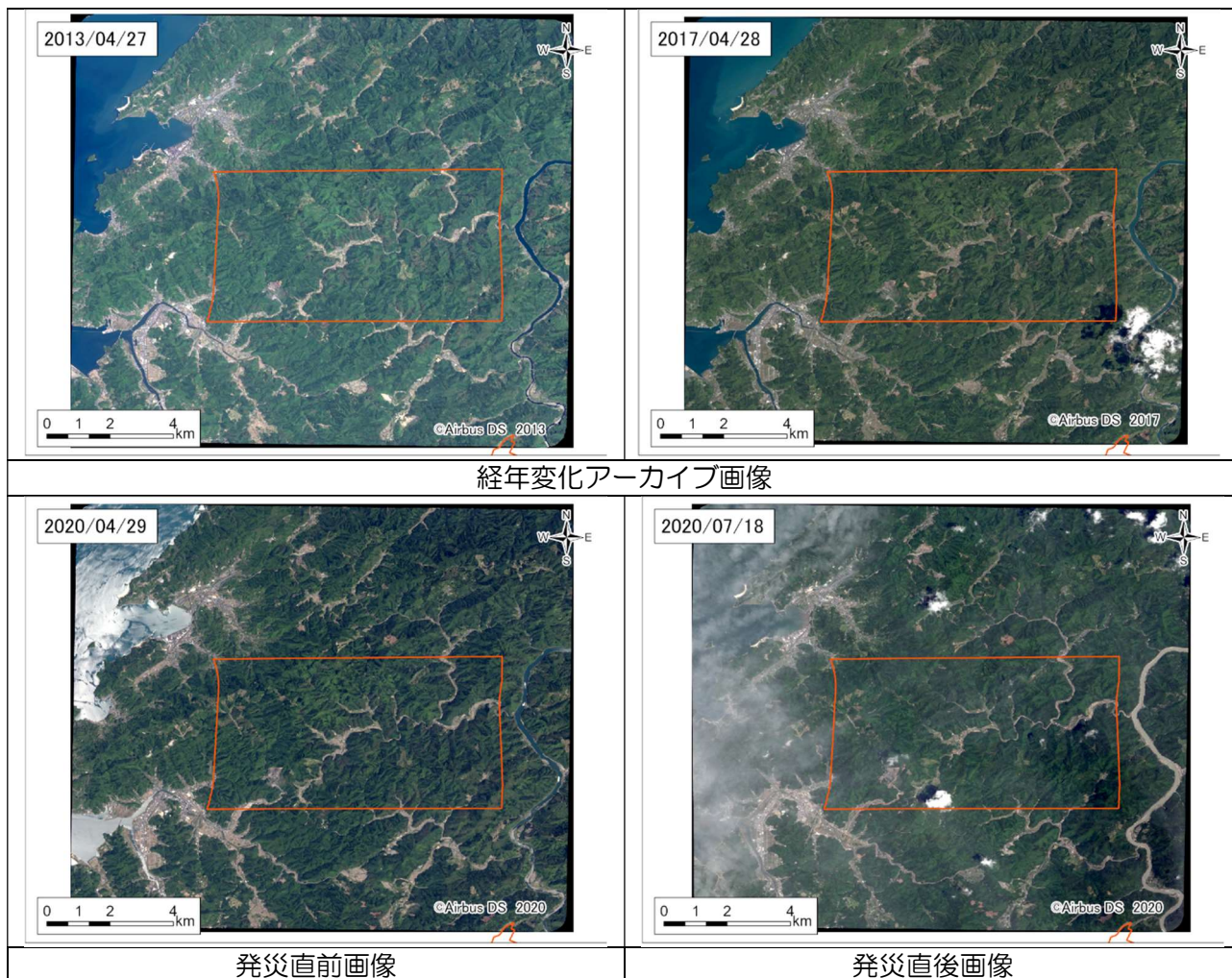


図 3 調達画像一覧（芦北町）

➤ 球磨村

球磨村南部の衛星画像は昨年度業務において調達が完了しており、これらを利用した。利用した衛星画像を図 4 に示す。

表 4 衛星画像一覧（球磨村）

No.	観測年	観測日	入射角	雲量
1	2013	2013/04/27	23.3	0%
2	2017	2017/08/29	15.7	0.1%
3	2020	2020/05/14	11.6	0.4%
4	2020	2020/07/18	9.7	1.1%

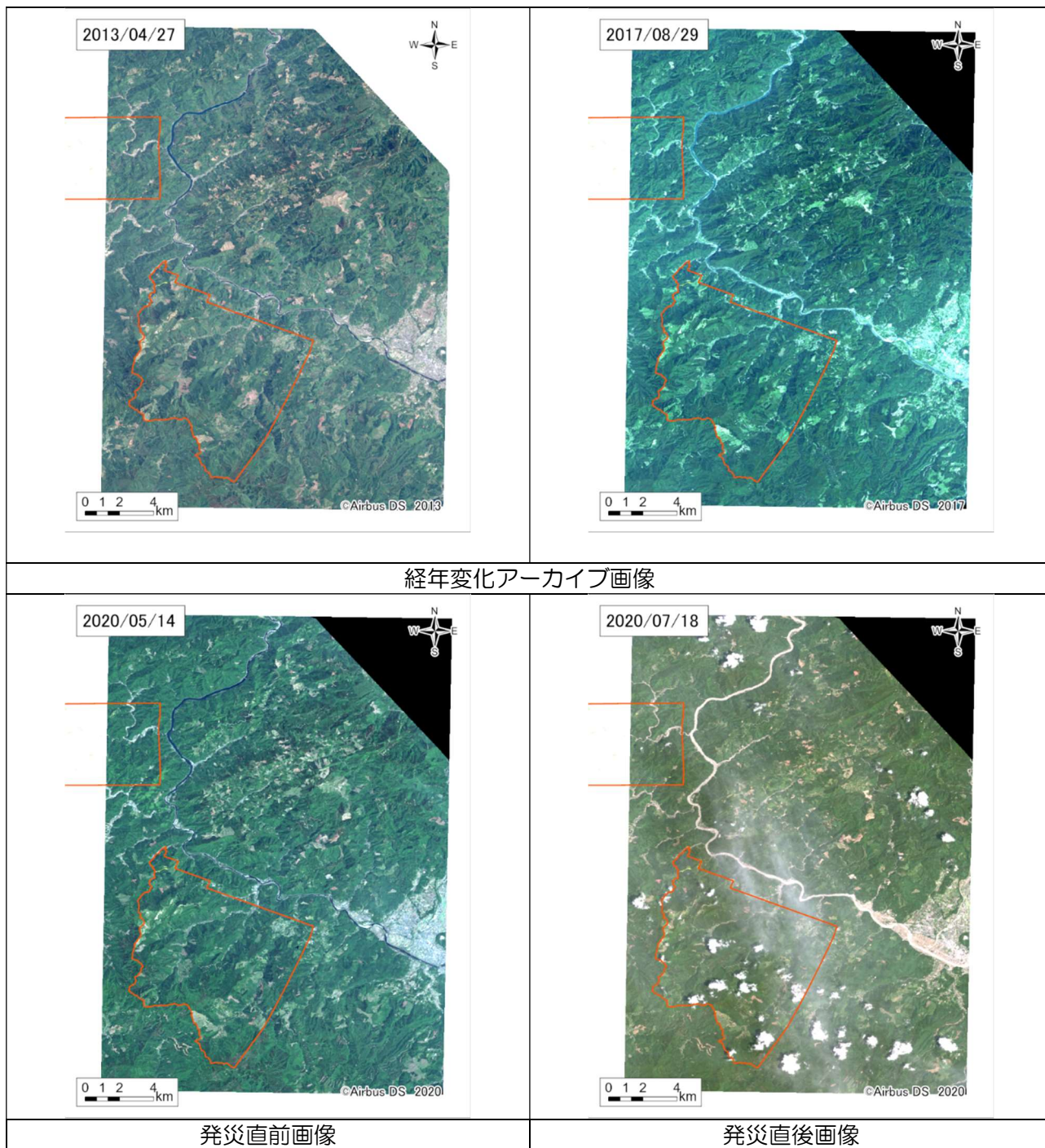


図 4 調達画像一覧（球磨村）

3.2. 森林変化箇所抽出/土砂流出箇所抽出

収集した衛星画像を判読して「森林変化ポリゴン」と「土砂流出ポリゴン」を作成した。

「森林変化ポリゴン」は全ての衛星画像に対して判読を行い、伐採や令和2年7月豪雨に起因しない土砂崩壊等を抽出した。

「土砂流出ポリゴン」は、発災直後画像のみを対象として、特に豪雨による土砂流出と考えられる箇所を抽出した。

今回の判読では概ね3年ごとの画像を使用するため、伐採から時間（最大3年程度）の経過した箇所を抽出する必要がある。このことから、既に草本が十分に繁茂しているものも多く、AI解析等による機械的な処理が難しいため、各データを原則として目視判読によって作成した。この際、バンド間演算を用いた画像解析を補助的に用いることで抽出漏れ低減を図った。以下にデータ作成にあたっての留意点を示す。

①ポリゴンの取得方針

ポリゴンの取得にあたっては森林に変化があった箇所に注目し、変化範囲を覆うようにポリゴンデータとして取得した。ポリゴンデータの形状は面積の算出に大きな影響があり、後続の分析を考慮し適切に取得した。以下に事例を示しながら注意する事項を記す。

▶ 林道の扱い

一部の伐採地では、伐採地内を林道が通過しているものがある。この場合、面積算出に当たっては面的に広がっている規模が重要であるので、ポリゴンは路網によって区切らず、面的につながっている範囲を全て同一のポリゴンとして取得した（図5）。

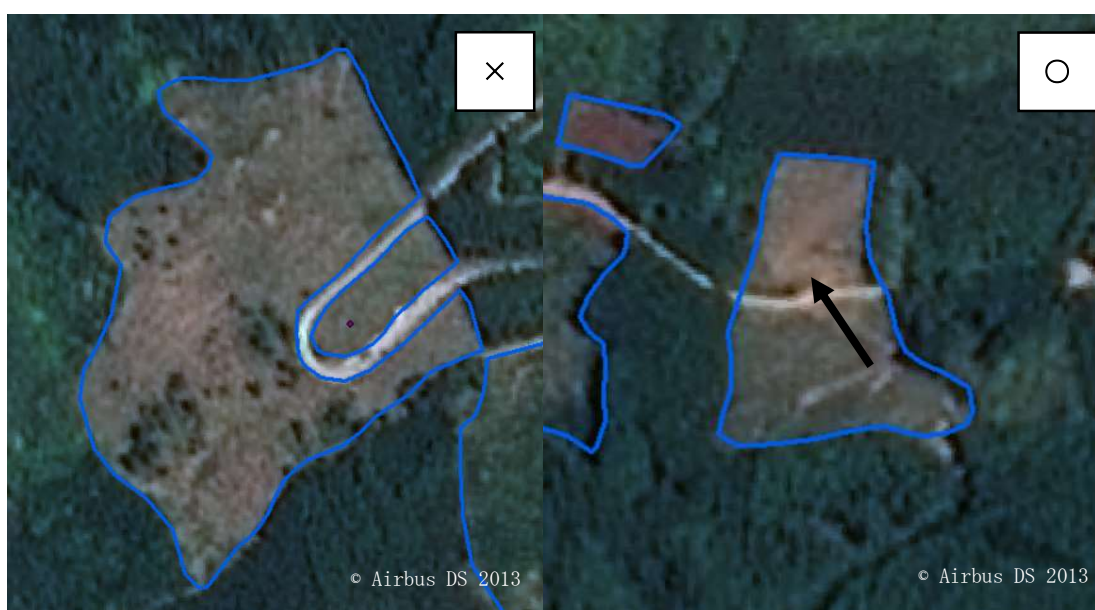


図5 林道で区切られた森林変化箇所の取得方法

▶ 伐採時期を考慮した取得

面的に広がっている伐採地内でも、伐採の時期は場所によって異なる。後に取得された画像において施業範囲が拡大するなど伐採範囲が拡大している場合、その部分はポリゴンを区切って取得することで、時系列による整理がしやすいように配慮した。（図6左）

なお、1時期分の衛星画像を確認していても、判読した伐採地内において裸地と草地在り混在する等、地表の状況が部分的に異なることがある。この場合は、裸地や草地在り別の時期に伐採されていることが考えられるため、地表の特徴に従って別々のポリゴンとして取得した（図6右）。

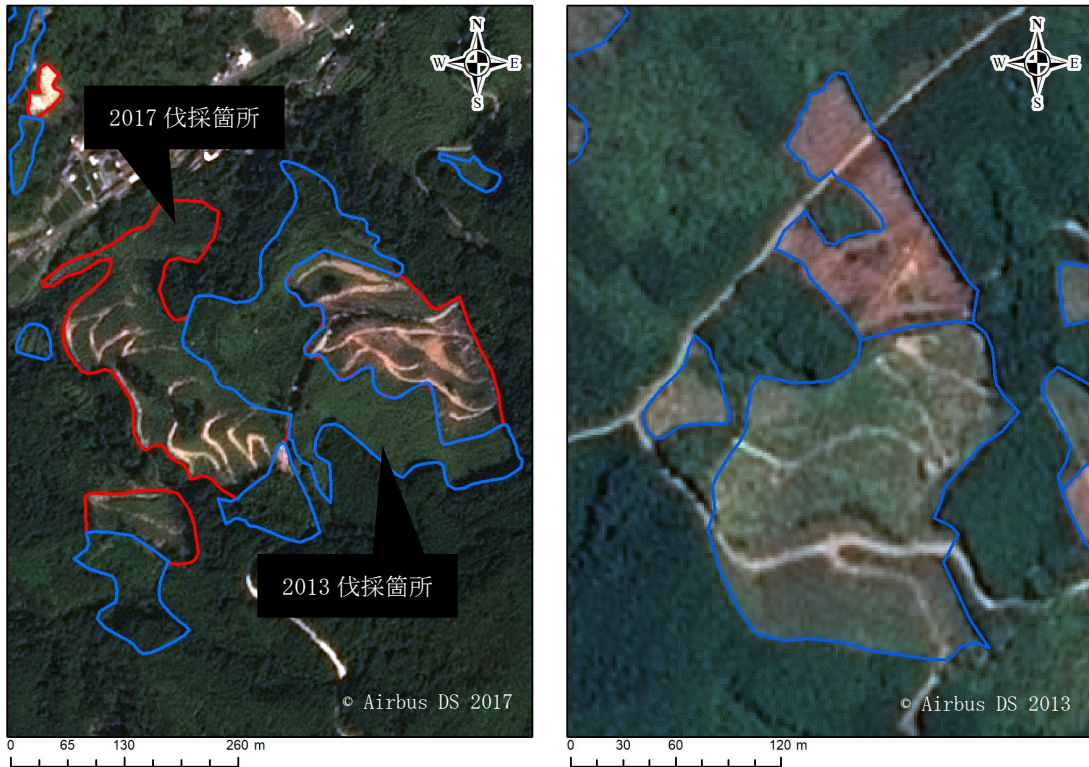


図 6 伐採時期を考慮したポリゴン取得

➤ 回復中の森林の扱い

かつて伐採されて5 齢級未満の回復中である森林においても、災害リスクを考慮すると抽出し確認することが望ましい。しかし、衛星画像のみで齢級を判断することは困難であり、該当しそうな森林を全て抽出すると、森林のほぼ全域が対象になってしまう。そのため、新たに抽出する森林変化箇所については周囲と比べて明らかに樹木が存在しない箇所に絞り、成林した箇所は抽出対象外とすることとした(図 7)。なお、過去に取得された画像において伐採地として判読した箇所については、その後の画像において成林したとしても継続して変化を追うこととした。

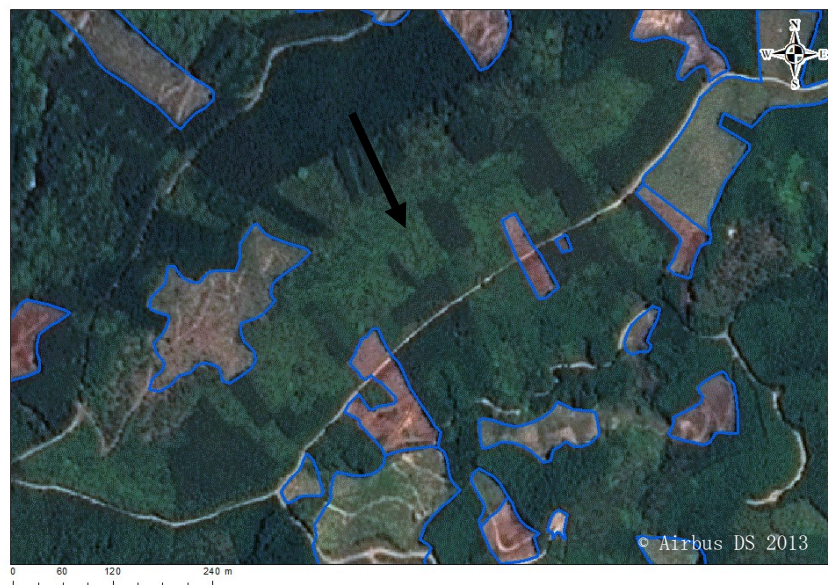


図 7 抽出対象外とする森林

②属性の付与方針

ポリゴンに付与する属性は表 5 のものを付与することとしている。なお、現段階ではあくまで衛星画像等、入手が容易なデータから抽出するものに限っており、後続する分析にあたっては、適宜属性情報を追加していくこととした。

表 5 属性表

No.	属性名	概要	属性例等
1	ID	通し番号	一意に判断できる番号を振る。
2	type	変化種別	伐採地、崩壊地の改変の種別を付与
3	surface	地表情報	判読年における地表情報を付与 裸地、草地、植林、森林、施工地、その他
4	road	集材路有無	集材路の判読可否 集材路あり：1, 集材路なし：0
5	year	判読年	森林から変化が生じた判読年を付与 2013, 2017, 2020(前), 2020(後)
6	area	面積	m ² 単位で記載

➤ Surface(地表情報)属性の種類

変化後情報の属性は「裸地」「草地」「植林」「森林」「施工地」「その他」の6種を想定している(図 8)。「森林」は過去年に抽出された変化ポリゴンに対して、判読時の画像で成林して森林が十分に回復していた場合に付与した。

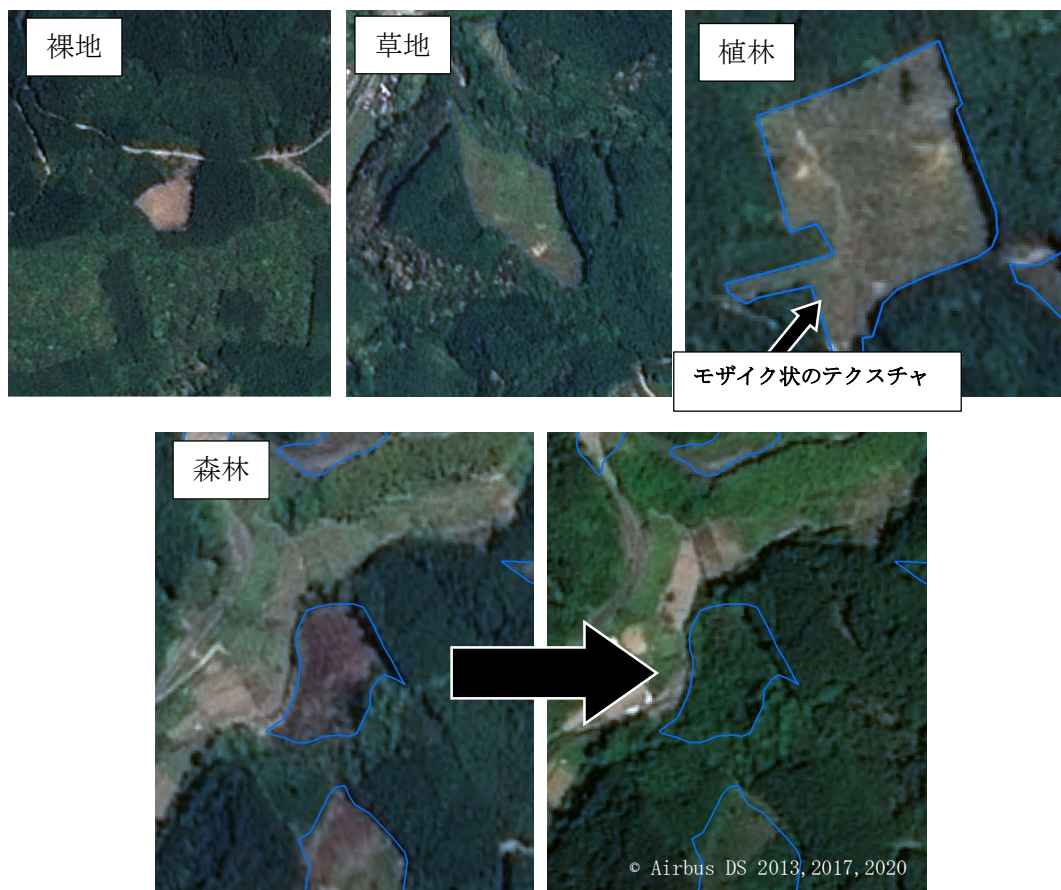


図 8 変化後情報の各属性例

➤ road(集材路)属性について

伐採地内に道のような地物が確認できる場合は「集材路あり」とした。ただし、これには林道を含まないものとする。林道か集材路かの判別については、地理院標準地図を参照し、林道として記載がある場合は林道、それ以外は集材路とした(図9)。なお、草本や成林などで集材路が覆い隠され見えなくなった場合、「集材路なし」とした。そのため、年度によっては前回判読年と比較して減少することがあり得る(図10)。

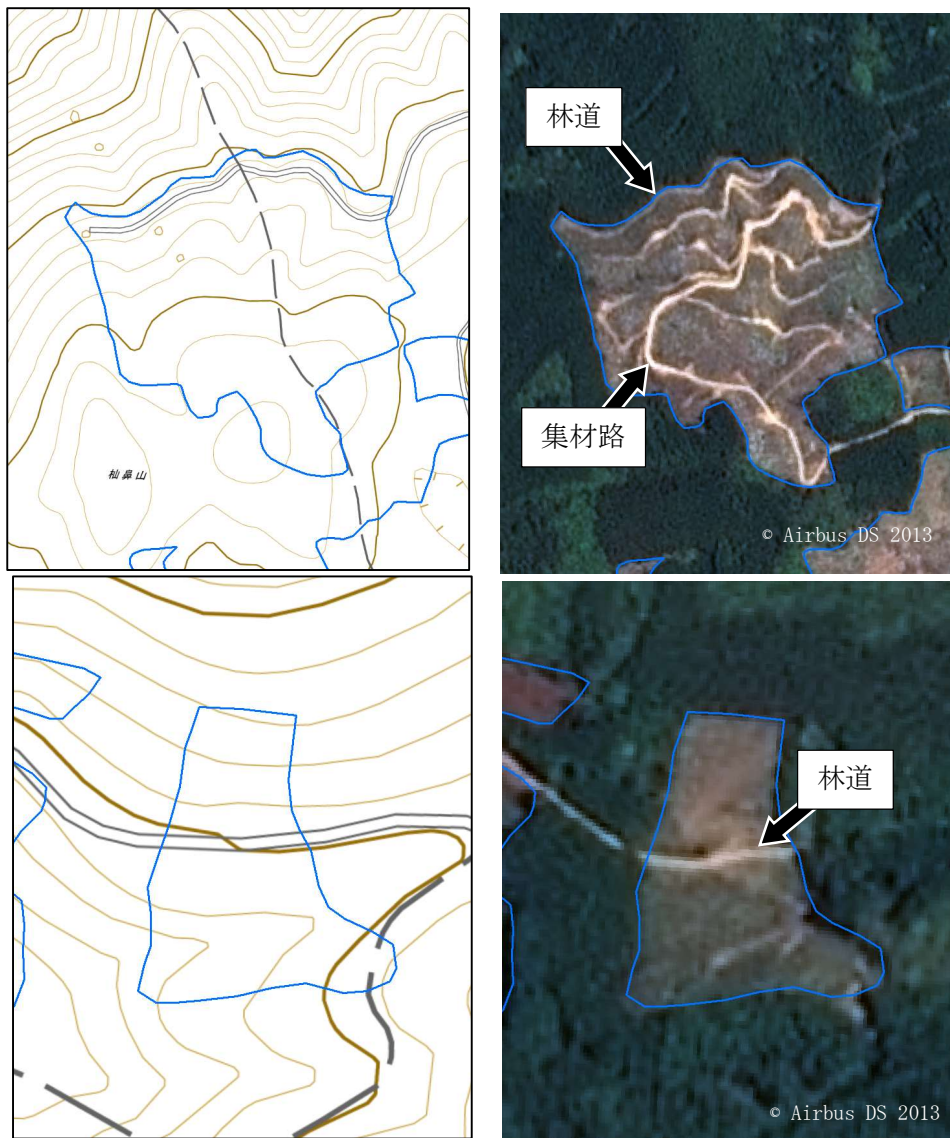


図9 集材路の判読

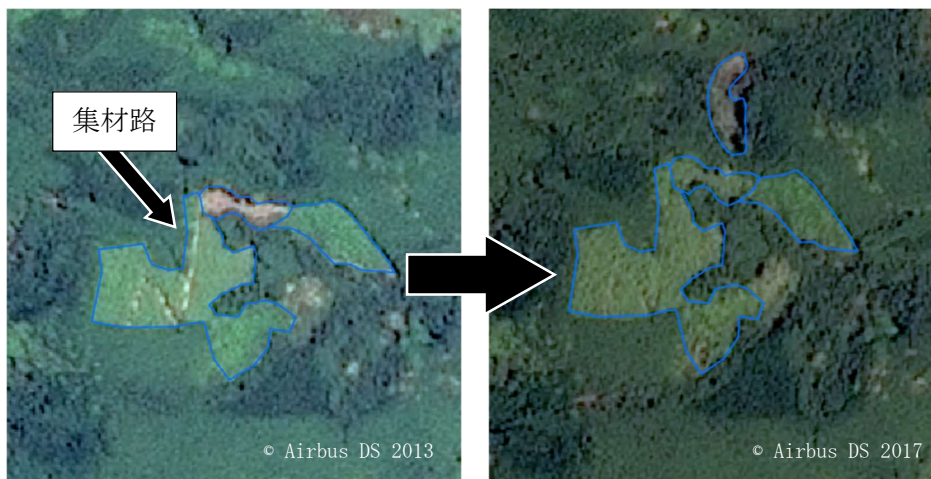


図 10 集材路が見えなくなった箇所

3.2.1. 森林変化ポリゴン抽出

平時における森林変化の経過を判読し森林変化ポリゴンを作成した。作成したポリゴンの集計結果と分布を表 6～表 8、図 11、図 12 に示す。表中の 2020/7 列は発災直後画像の判読結果であるが、この時点で新しく抽出した土砂流出については豪雨に起因する「3.2.2 土砂流出箇所抽出」に含むことが適切と考えられる。このため平時の変化を示す森林変化ポリゴンには含まず、増加数はblankとしている。なお、表中の数は過去年からの累積数であり、()内の数量は前年と比較しての増加量を示している。

表 6 森林変化ポリゴンの集計結果（芦北町）

	2013/4	2017/4	2020/4	2020/7
森林変化全数	44	106(62)	126(20)	130(4)
伐採地	37	93(56)	109(16)	113(4)
集材路の確認された伐採地	19	57(38)	58(1)	55(-3)
土砂流出地	7	13(6)	17(4)	17(-)

表 7 森林変化ポリゴンの集計結果（球磨村南部）

	2013/4	2017/8	2020/5	2020/7
森林変化全数	223	358(135)	458(101)	460(2)
伐採地	219	350(131)	448(98)	450(2)
集材路の確認された伐採地	103	162(59)	244(82)	193(-51)
土砂流出地	4	8(4)	10(2)	10(-)

表 8 森林変化ポリゴンの集計結果（全域）

	2013	2017	2020	2020/7
森林変化全数	267	464(197)	584(121)	590(6)
伐採地	256	443(187)	557(114)	563(6)
集材路の確認された伐採地	122	219(97)	302(83)	248(-54)
土砂流出地	11	21(10)	27(6)	27(-)

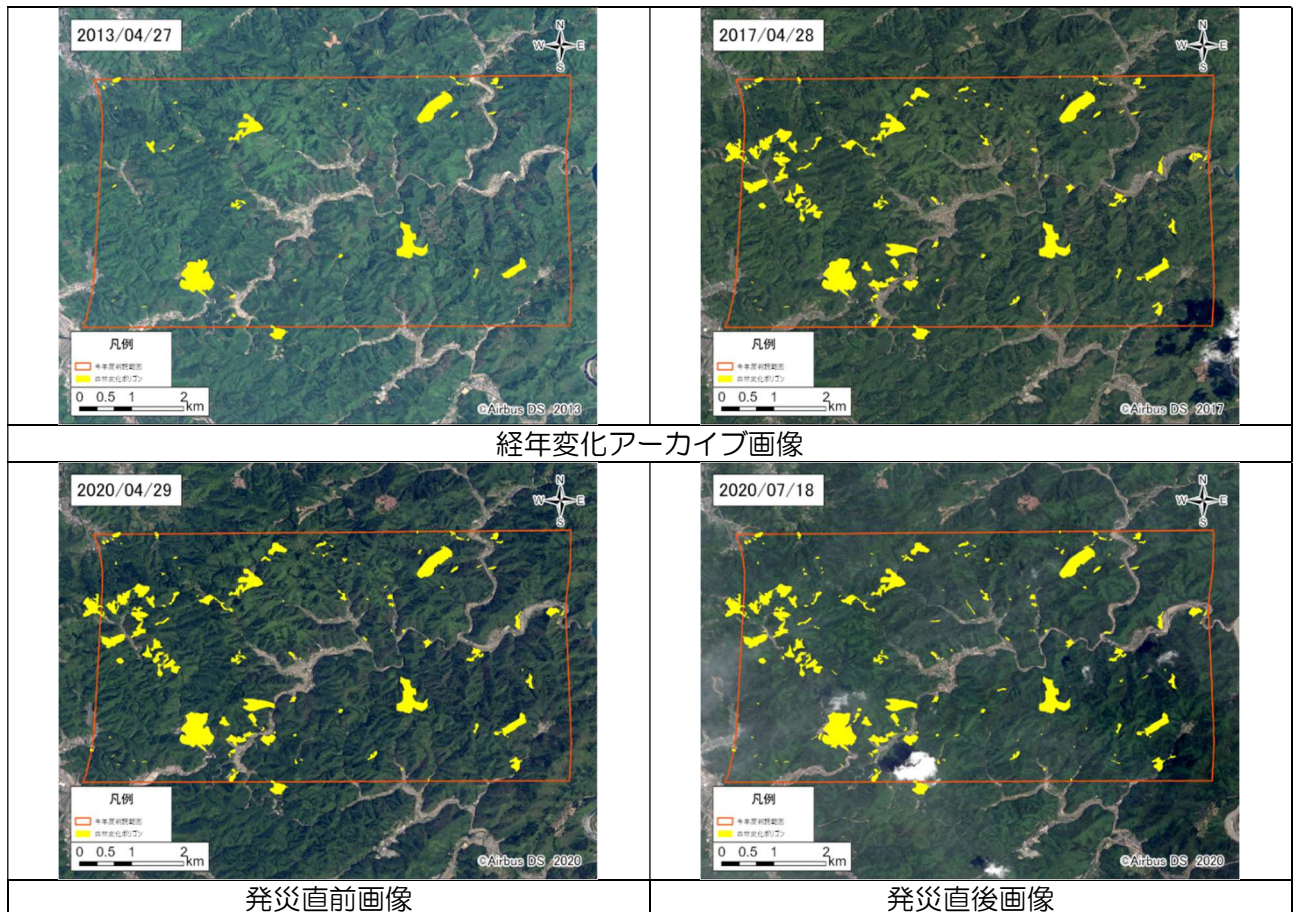


図 11 森林変化ポリゴンの分布（芦北町）

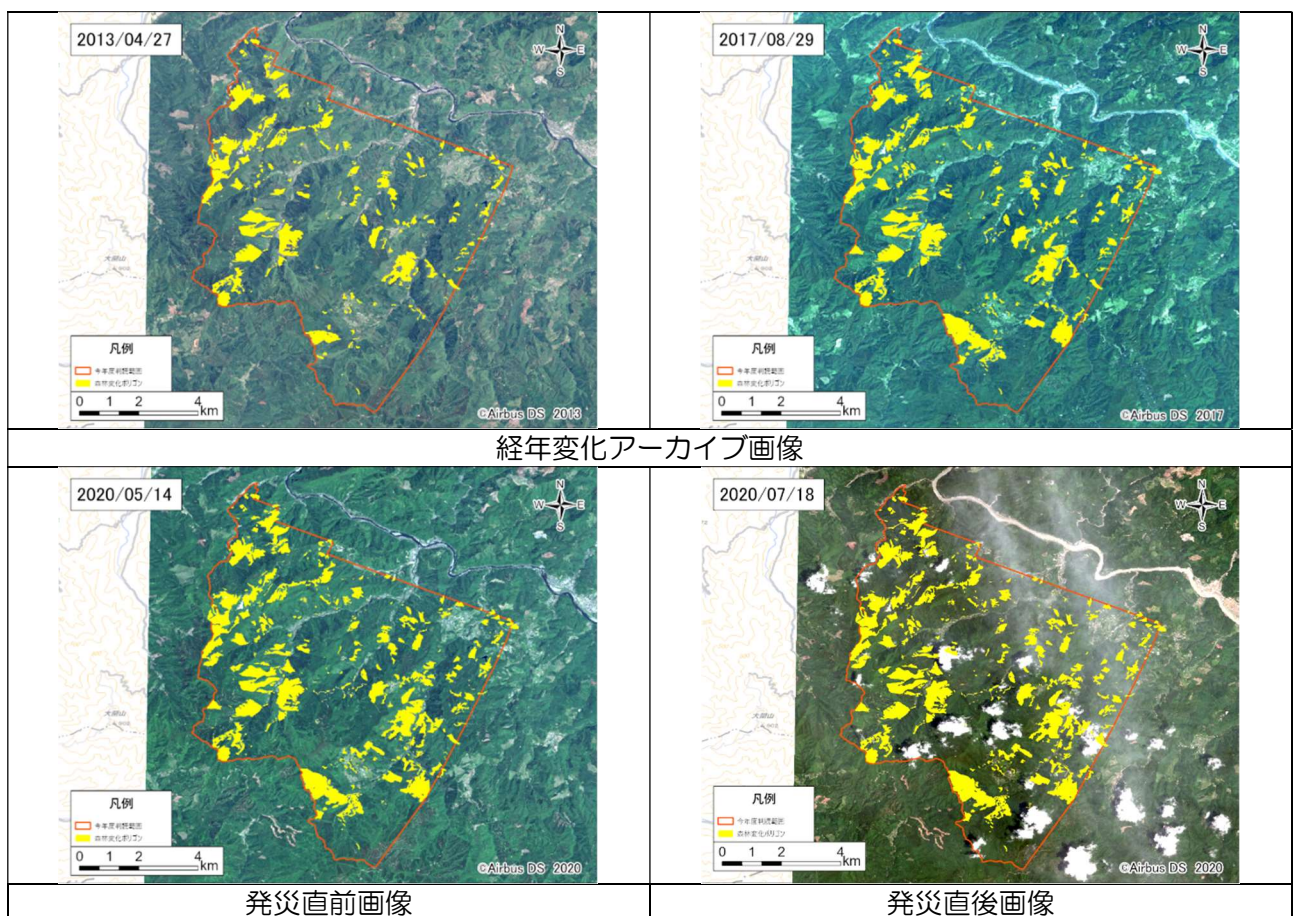


図 12 森林変化ポリゴンの分布（球磨村）

3.2.2. 土砂流出箇所抽出

発災直後画像の判読を行い、大雨による土砂流出と考えられる土砂流出ポリゴンを作成した。土砂流出箇所は全数で127箇所見つけた。集計結果、分布および代表的な事例を表9、図13～図15に示す。

表9 土砂流出ポリゴンの集計結果

	全域	芦北町	球磨村南部
土砂流出箇所全数	127	55	72

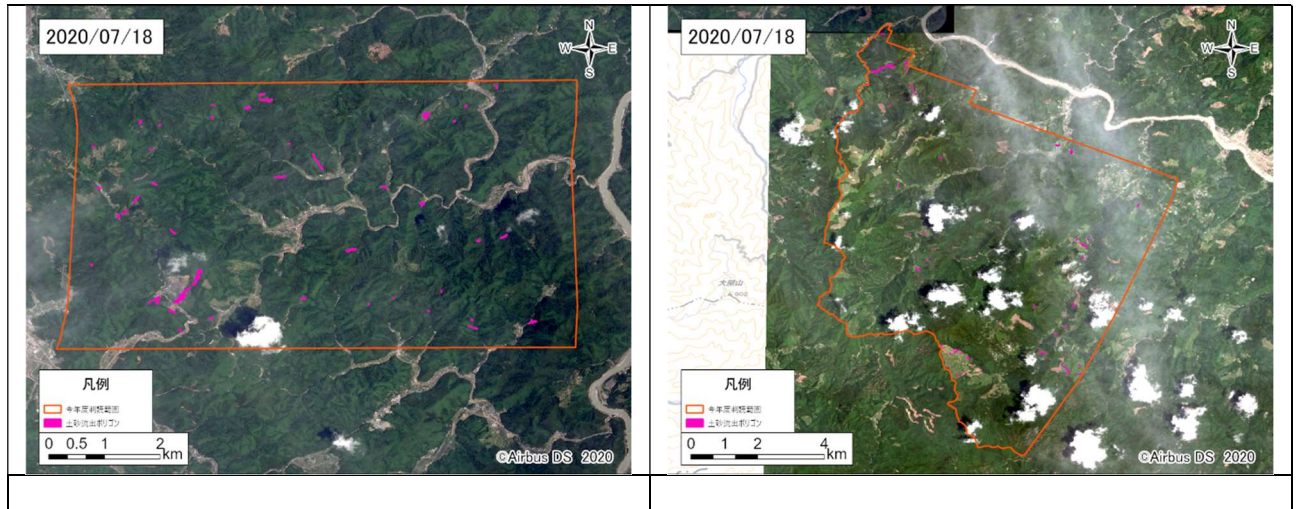


図13 土砂流出ポリゴンの分布

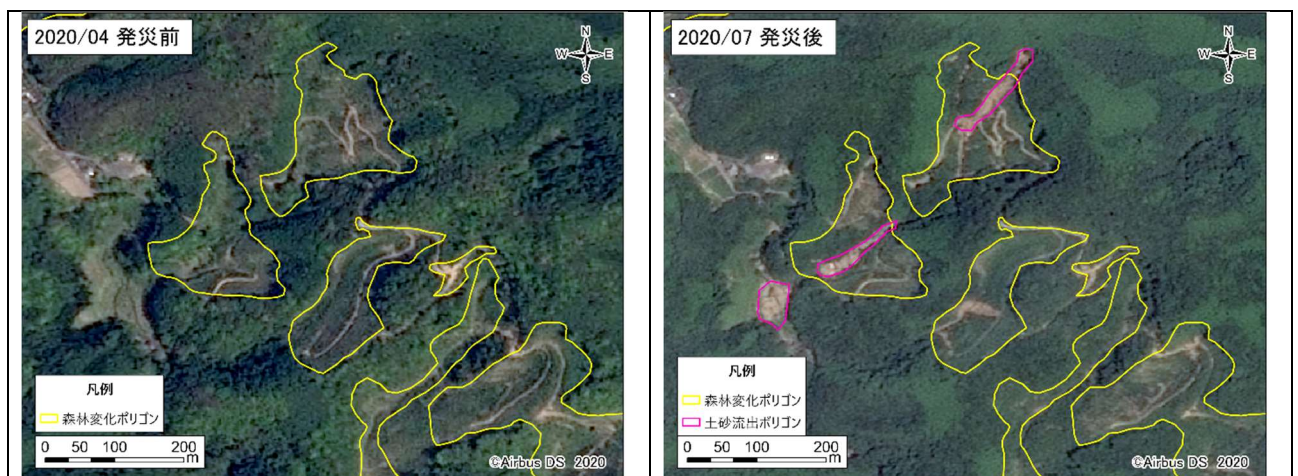


図14 土砂流出の例



図 15 土砂流出の例