

令和4年度
陸域観測技術衛星を活用した
災害対応手法等検討調査

報 告 書

令和5年3月

林野庁

目次

1.	業務概要	1
1.1	業務目的	1
1.2	業務概要	2
1.3	使用する主な図書及び基準	3
2.	実施方針	3
2.1	判読ガイドブックの整備	3
2.2	衛星画像の高度利用検討のための実証	4
2.3	事業効果を高め効率的に事業を行うための検討	4
2.4	効率的な制度運用の検討に向けた現場や有識者等の意見収集	4
2.5	効率的な情報活用による普及促進策の検討に向けた情報整理	5
2.6	業務実施フロー	5
3.	業務内容	7
3.1	ALOS-2 災害速報図の判読ガイドブックの作成	7
3.1.1	ガイドブックの構成検討	7
3.1.2	サンプルデータを用いた災害事例判読	9
3.1.3	ガイドブック（案）作成	32
3.1.4	行政職員ヒアリング	33
3.2	ALOS-3 相当画像による災害把握の検証	38
3.2.1	判読用衛星画像の調達	38
3.2.2	災害事例の判読・検証	40
3.3	森林荒廃面積の把握による林野関係被害把握手法検討	51
3.3.1	対象箇所の選定	51
3.3.2	資料収集・相関関係の算出	51
3.3.3	ALOS-3 相当光学画像を用いた判読結果の適用可能性の検討	53
3.3.4	SAR 画像を用いた判読結果の適用可能性の検討	55
3.4	新たな衛星技術を活用した山地災害対応の検討	57
3.4.1	ALOS-3 の山地災害への活用検討	57
3.4.2	SAR 衛星の山地災害への活用検討	62
3.4.3	災害時の衛星利用に係る協定内容の検討	70
4.	ALOS-2 データによる災害判読ガイドブック	73
5.	打合せ協議	79

1. 業務概要

1.1 業務目的

ア) 背景と課題

林野庁においては、『森林・林業基本計画』（令和3年6月）において、国土の保全等の推進のため、効果的な治山事業等の推進の他、大規模災害時における迅速な対応を掲げている。また、『国有林野の管理経営に関する基本計画』（平成30年12月25日策定）においては、迅速な災害対策、二次災害防止対策を行うこととしており、具体的には以下の通り記載されている。

“大規模災害等の発災時においては、国の技術系職員の派遣（MAFF-SAT）、地方公共団体や民間コンサルタント等と連携した災害調査、復旧方針の策定など被災地域の復旧支援を行う。その際、被害状況等を迅速に把握するため、衛星画像やヘリコプター、ドローン等を活用した調査を進める。”（『森林・林業基本計画』P22. より抜粋）

“また大規模な山地災害発生時には専門技術を有した職員を山地災害対策緊急展開チームとして現地に派遣するなどし、国有林防災ボランティアの協力も得つつ、民有林への支援も含めた迅速な災害対策、二次災害防止対策を図ることとする。”（『国有林野の管理経営に関する基本計画』P4 より抜粋）

これらを踏まえ、林野庁では、宇宙航空研究開発機構（以下、「JAXA」という。）との協定に基づき、陸域観測衛星（ALOS-2）により山地災害発生箇所を把握する取組を進めてきた。また、自治体に対する山地災害の発生情報の提供も求められているところであり、必要に応じて森林管理局より当該自治体への情報提供を行っている。

さらに、災害による被害額については、発災後早急に取りまとめて内閣府に報告し、「激甚災害に対処するための特別の財政援助等に関する法律」に基づいて激甚災害の指定への検討根拠となっている。

イ) 本業務の目的

本業務は、上記の背景及び取組を踏まえ、JAXA が取得・提供する ALOS-2 観測データを森林行政に携わる職員が迅速かつ有効に活用できるよう判読ガイドブックを作成するものである。

また、今般先進光学衛星「ALOS-3」の打ち上げが予定されていることから、ALOS-2 と同様に山地災害に対する行政対応への ALOS-3 の画像活用及び光学衛星画像の高度利用の検討のための実証を行うことを目的とするものである。

1.2 業務概要

- ① 業務名 令和4年度 陸域観測技術衛星を活用した災害対応手法等検討調査
- ② 契約金額 9,977,000 円
- ③ 業務箇所 平成29年7月九州北部豪雨、平成30年7月豪雨、平成30年北海道胆振東部地震及び令和元年房総半島台風 被災対象地域
- ④ 業務期間 令和4年8月8日～令和5年3月20日
- ⑤ 業務数量

表 1-1 業務数量

種 別	単 位	数 量	備 考
(1) ALOS-2 災害速報図の判読ガイドブックの作成			
① ガイドブックの構成検討	式	1	
② サンプルデータを用いた災害事例判読	式	1	
③ ガイドブック（案）作成	式	1	
④ 行政職員ヒアリング	式	1	
(2) ALOS-3 相当画像による災害把握の検証			
① 判読用衛星画像の調達	式	1	
② 災害事例の判読・検証	式	1	
(3) 森林荒廃面積の把握による林野関係被害把握手法検討			
① 対象箇所の選定	式	1	
② 資料収集・画像判読	式	1	
③ 被害把握手法の検討	式	1	
(4) 新たな衛星技術を活用した山地災害対応の検討			
調査報告書の作成	部	5	
ALOS-2 データによる災害ハンドブック	部	50	
電磁記録媒体（DVD-R 等）	部	5	
打合せ協議の実施	式	4	初回、中間（2回）、最終

- ⑥ 発注者 林野庁 国有林野部 業務課 災害対策班
- ⑦ 受注者 株式会社 パスコ

1.3 使用する主な図書及び基準

- ① 林野庁測定規程
- ② 森林整備保全事業測量業務等標準仕様書
- ③ その他関係法令

2. 実施方針

本業務が目指す成果を達成するため、ALOS-2 の観測手法である SAR 技術に関する基本事項および技術的留意事項について見易くかつ分かりやすく解説し、森林行政に携わる職員が迅速・低コストかつ有効に活用できる判読ガイドブックの整備、山地災害に対する行政対応への衛星画像利活用の検討・実証を行う。

判読ガイドブックは衛星画像から災害状況を判読する際の特徴をパターン化し、フローにしたがってパターンを選択する内容とすることで、衛星画像の判読に不慣れな業務担当者でも被災面積等の災害状況を速やかに把握出来るよう配慮して作成する。

行政対応への衛星画像利活用の検討・実証を行う対象とする山地災害は、SAR 画像で判読が可能な、山腹崩壊、地すべり、土石流、崩壊土砂の堆積、流木等の漂流、河道閉塞による湛水（天然ダム）及び風倒木とする。なお、伐採跡地も検討・実証を行う対象とする。

これらの災害については、SAR 画像をはじめ、光学画像、災害時の緊急撮影や斜め撮影写真、既存の航空写真などの光学画像及び地形図（CS 立体図が整備されている場合は併せて活用）を用いて判読を行う。業務を進めていく上での基本方針は下記のとおりとする。

2.1 判読ガイドブックの整備

判読ガイドブックの作成に当たっては下記の項目に留意し、災害事例判読の結果を基に、衛星データや森林に関する知識や経験を有しない行政職員でも山地災害の発生箇所を把握しやすいようにガイドブック（案）を作成した。

- ① 行政担当者へのヒアリングを通じ、災害の場で実際に活用されるガイドブックを作成する。
- ② SAR に関する基本事項および技術的留意事項について見やすく、分かりやすく解説する。
- ③ 多様な立場の行政職員が、即時に災害状況を標準的かつ効率的に把握できるよう山地災害をパターン化し、選択フローにしたがって、画像判読できるようにする。
- ④ 多岐にわたる判断・調整が必要となる災害に対して最適な対応を可能にするため、山地災害対応のタイムラインを念頭に、必要となるデータ・入手方法・タイミング・判読手順・アウトプットの共有方法・モニタリング方法を検証する。今後の方向性について考察を行う。

2.2 衛星画像の高度利用検討のための実証

衛星画像の判読精度の検証については、過去に起きた災害について判読結果が公開されているものを使用して検証を行うものとする。また、ALOS-3 の運用が開始された場合にも、ALOS-2 と並行して活用できるよう、ALOS-2 と ALOS-3 のデータの特性等を整理し衛星利用の利点を最大化する成果品の構成とする。

表 2-1 使用する検証データ

対象災害	検証データの出典
平成 29 年 7 月九州北部豪雨	国土地理院
平成 30 年 7 月豪雨	広島大学平成 30 年 7 月豪雨災害調査団

2.3 事業効果を高め効率的に事業を行うための検討

緊急度に応じたステップに分けて判読フローを作成する。緊急性や判読精度の観点から、ALOS-3 と SAR 衛星の併用の検討を行う。

2.4 効率的な制度運用の検討に向けた現場や有識者等の意見収集

実際に災害対応を実施する現場を担う行政職員に対するヒアリングを行い、フィードバックを元にガイドブックを改善する。行政職員等へのヒアリングは、下記に対して実施することとした。また、協定等に関する事項については宇宙航空研究開発機構（以下、JAXA）にヒアリングを実施した。

表 2-2 ヒアリング対象の自治体

対象自治体	担当部署
福岡県	農林水産部農村森林整備課治山係 農林水産部農村森林整備課林道係
広島県	農林水産局 森林保全課 治山グループ 農林水産局 林業課 林業基盤グループ
北海道	北海道水産林務部林務局治山課治山事業係
千葉県	千葉県農林水産部森林課 治山・保安林班

表 2-3 協定に関する意見収集

対象有識者	担当部署
宇宙航空研究開発機構（JAXA）	国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 第一宇宙技術部門 衛星利用運用センター（SAOC）

2.5 効率的な情報活用による普及促進策の検討に向けた情報整理

被災範囲と被災林道について GIS データ化し、森林被害面積と林道被害額の相関関係だけでなく、衛星画像判読により推定された被災延長と林道被害額の相関関係についても整理する。

対象範囲と被災林道は下記の対象を選定し、実施した。

表 2-4 対象とした被災範囲

対象となる災害	対象被災箇所	対象市町村
平成 29 年 7 月九州北部豪雨	福岡県	朝倉郡東峰村
平成 30 年 7 月豪雨	広島県	安芸郡府中町、坂町、海田町、熊野町

2.6 業務実施フロー

業務は下記のフローに基づき、円滑かつ効率的に業務を遂行する。各作業工程の完了時には、社内レビュー及び監査職員との連携を密に行う。課題管理表によるリスク等の見える化により課題の早期解決を目指す。

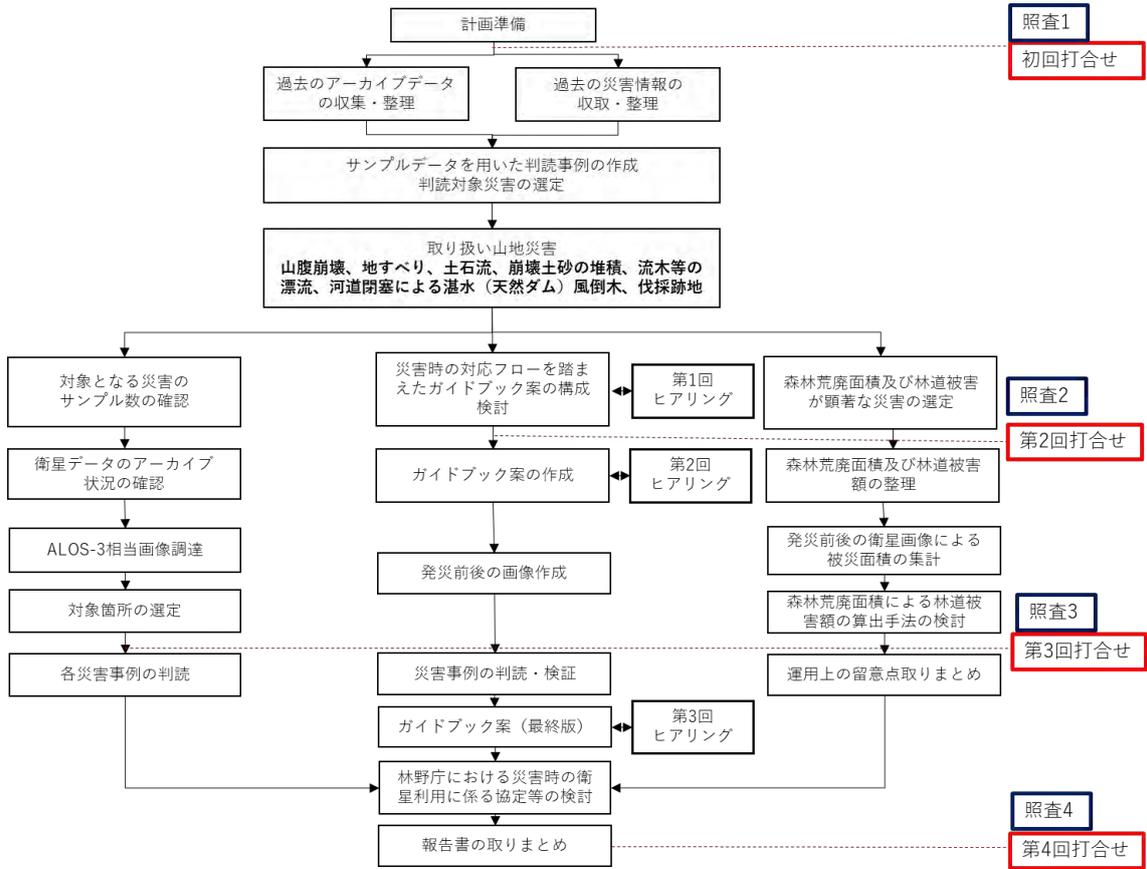


図 2-1 業務実施のフロー

3. 業務内容

3.1 ALOS-2 災害速報図の判読ガイドブックの作成

ALOS-2 による災害速報図の判読ガイドブックの作成については SAR に関する基本事項及び技術的留意事項について図表を多用し分かりやすく解説することを念頭に、ALOS-2 など SAR の基本原理を解説することにより、根本的な理解の醸成を図ることに主眼を置いた。

また、既往の災害判読結果を用いた客観性の高い内容とし、判読を補助する光学衛星画像の有無や取得画像の状況等、選択肢に基づく判読フローを作成した。

3.1.1 ガイドブックの構成検討

災害時の切迫した状況において SAR 画像の判読を行う場合、画像解析に不慣れな担当者でも即時に災害状況が把握できる必要がある。しかし、SAR 画像は判読が難しく、熟練の技術者でも伐採跡地と崩壊箇所を誤判読する可能性がある。そのため、判読の際には補助として光学画像等が必要である。

これらのことを考慮し、ガイドブックの構成は表 3-1 のとおりとした。SAR 画像取得の原理などの基本事項を解説するとともに、取得画像の状況等に応じたフローを整理し、判読事例については、光学画像等との対比により理解しやすい内容とした。

表 3-1 ガイドブックの構成

章番号	タイトル	内容
1	はじめに	
2	SAR の基本事項	<ul style="list-style-type: none">・地球観測衛星の種類・SAR の基本事項（空間分解能、波長、オフナディア角、散乱（表面散乱、体積散乱、二重散乱）・ガイドブックで使用する SAR 画像（強度画像、二時期カラー合成画像）・ALOS-2 について（諸元、観測パターン）
3	SAR 画像を活用する際の留意点	<ul style="list-style-type: none">・SAR 画像の歪み（フォアショートニング、レイオーバー、レーダシャドウ）
4	SAR 画像による山地災害判読調査のフロー	<ul style="list-style-type: none">・災害の緊急度に応じてステップ 1 とステップ 2 の 2 段階に分けて実施ステップ 1:速報性を重視し、地形図と SAR 画像を用いて判読を実施。ステップ 2:ステップ 1 で抽出した箇所のうち、精度を上げる（誤判読を減らす）ために災害前の光学画像を参照して実施

		<ul style="list-style-type: none"> 判読時の注意事項
5	SAR 画像による山地災害判読調査の判読事例	<ul style="list-style-type: none"> 山地災害事例の紹介（地すべり、山腹崩壊、土石流（斜面崩壊）、崩壊土砂の堆積、河道閉塞による湛水（天然ダム）、流木等の漂流、風倒木、伐採） SAR 画像の判読精度
6	判読環境	<ul style="list-style-type: none"> SAR 画像の判読に適した PC スペック・ソフトウェア（GIS）の解説
	（参考資料 1）山地災害の解説	<ul style="list-style-type: none"> 山地災害の定義と災害事例について確認
	（参考資料 2）山地災害の発生要因とその事例	<ul style="list-style-type: none"> 過去の事例を資料して要因毎の山地災害の特徴を整理

3.1.2 サンプルデータを用いた災害事例判読

過去に発生した山地災害事例を選定し、これらの災害を対象に撮影された ALOS-2 画像を調達した。調達した画像を基に、JAXA から提供される災害速報図に相当する、災害前に観測された画像と災害後に緊急観測された画像を重ね合わせてカラー合成された画像（以下、「二時期カラー合成画像」という）を作成した。二時期カラー合成画像を用いて災害発生箇所を判読し、その結果を検証した。

(1) 災害事例の選定

本業務で対象とする山地災害は、山腹崩壊、地すべり、土石流、崩壊土砂の堆積、流木等の漂流、河道閉塞による湛水（天然ダム）及び風倒木とした。既存の災害報告等の資料を基に、これらの災害による被害が顕著な事例を選定した。対象とした災害事例を表 3-2 に示す。

平成 29 年 7 月九州北部豪雨では、福岡県や大分県を中心に斜面崩壊や流木等の漂流といった山地災害が報告されている（図 3-1）。平成 30 年 7 月豪雨では、広島県を中心に土石流等の斜面崩壊が報告されている（図 3-2）。

また、平成 30 年北海道胆振東部地震では、主に北海道厚真町において斜面崩壊やそれに起因する河道閉塞による湛水が報告されている（図 3-3）。令和元年房総半島台風では、千葉県房総半島で風倒木が確認されている（図 3-4）。

表 3-2 対象災害一覧

災害名	災害発生日	主な山地災害
平成29年7月九州北部豪雨	2017/07/05, 06	斜面崩壊（山腹崩壊、土石流、地すべり）、流木等の漂流
平成30年7月豪雨	2018/07/05～09	斜面崩壊（山腹崩壊、土石流、地すべり）
平成30年北海道胆振東部地震	2018/09/06	斜面崩壊（山腹崩壊、土石流、地すべり）、河道閉塞による湛水（天然ダム）
令和元年房総半島台風	2019/09/08, 09	風倒木



寺内ダムによる流木と土砂の捕捉状況

●洪水のみならず大量の流木（約10,000m³）や土砂が流れ込みましたが、仮にダムが整備されていなければ、流木や土砂が捕捉されることなく、下流河川へ漂流し橋梁に引っかかることにより、河川がせき止められ、さらに被害が拡大する可能性があったと推定されます。



図 3-1 平成 29 年 7 月九州北部豪雨で発生した斜面崩壊及び流木等の漂流¹²

¹ 株式会社パスコ，2017年7月 九州北部豪雨災害。

<<https://corp.pasco.co.jp/disaster/flood-damage/20170708.html>>

² 独立行政法人水資源機構筑後川局，2017，平成 29 年 7 月九州北部豪雨における寺内ダムの流木処理について（経過報告）。

<https://www.water.go.jp/honsya/honsya/bousai/kyusyugou/pdf/171004_chikugo.pdf>



図 3-2 平成 30 年 7 月豪雨で発生した土石流³

³ 株式会社パスコ，2018 年 7 月 豪雨災害.

< <https://corp.pasco.co.jp/disaster/heavy-rain/20180709.html>>

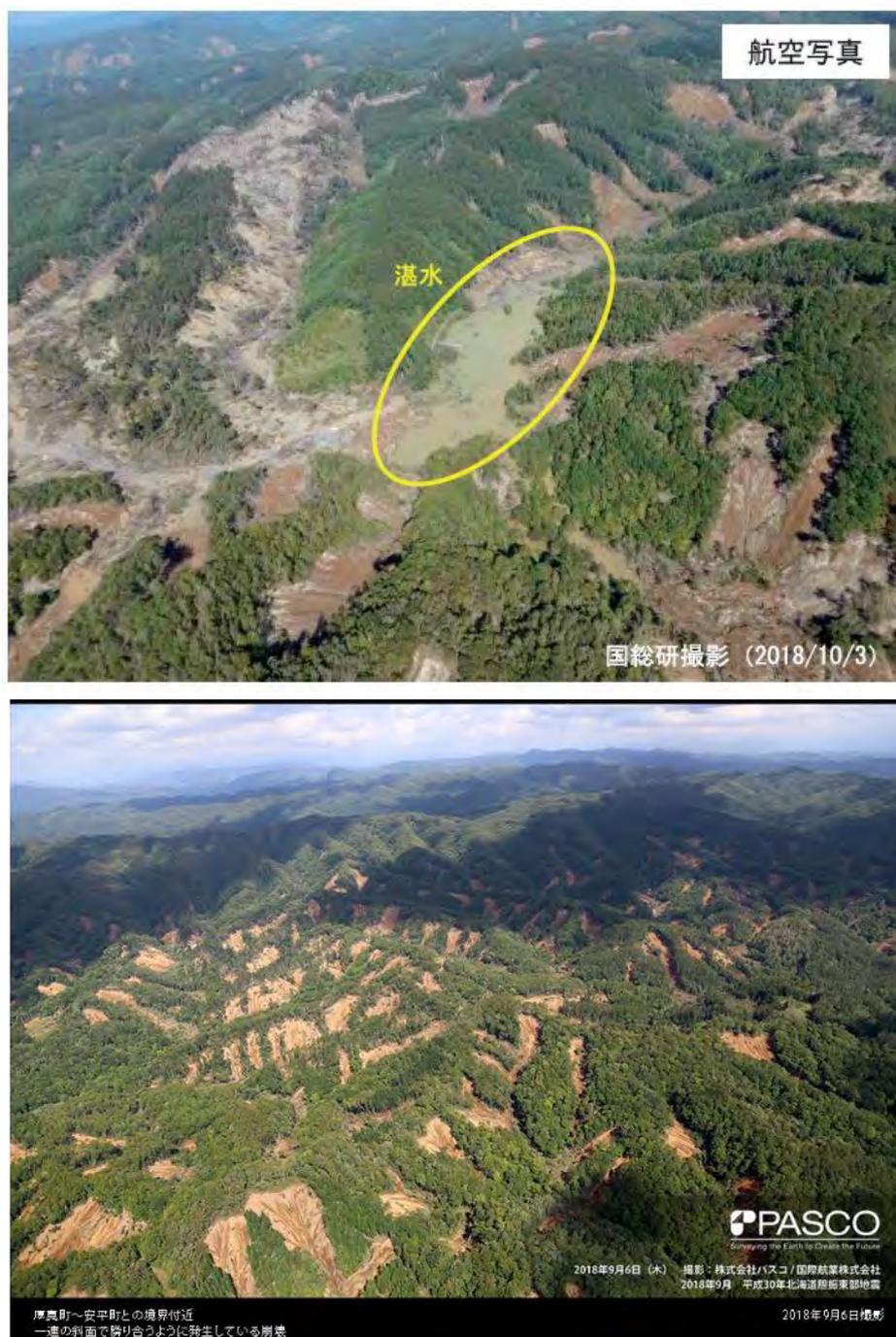


図 3-3 平成 30 年北海道胆振東部地震で発生した河道閉塞による湛水及び斜面崩壊⁴⁵

⁴ 鈴木大和・松田昌之・中谷洋明，2021，災害時における合成開口レーダ(SAR)の散乱変化事例解説集．国土技術政策総合研究所資料，1159．

⁵ 株式会社パスコ，2018年9月 平成30年北海道胆振東部地震災害．
 <<https://corp.pasco.co.jp/disaster/earthquake/20180906.html>>



(↑人工林、天然林が近接した被害)



(↑道路沿いの広葉樹の根返り)



(↑谷部の風倒被害↑)

図 3-4 令和元年房総半島台風で発生した風倒木⁶

⁶ 千葉県農林水産部森林課森林整備班，台風第 15 号の森林被害等の学識経験者による緊急調査の調査状況．〈<https://www.pref.chiba.lg.jp/shinrin/documents/taifu15-chousazyoukyou.pdf>〉

(2) 衛星画像の調達

(1)で調査した被害情報等に基づき、災害による被害が顕著な箇所を特定したうえで、災害前後に撮影されたALOS-2画像のアーカイブ状況を確認し、災害発生箇所の判読に用いる画像を選定した。本業務で調達したALOS-2画像を表 3-3に示す。画像の選定にあたっては以下に留意した。

ALOS-2の観測パターンは、衛星進行方向（北行軌道、南行軌道）と電波照射方向（右向き、左向き）から4通りの組合せがあり、電波照射方向としては東向きと西向きの2つに分類される（図 3-5）。また、SAR衛星は斜め下方に電波を照射するため、斜面の向きにより正しく情報を得られない不可視領域が存在する（図 3-6）。

したがって、各電波照射方向の不可視領域を低減するために、東向き及び西向き照射でそれぞれ1ペアずつALOS-2画像を選定した。

表 3-3 本業務で調達予定のALOS-2画像

No.	対象災害	撮影日	軌道・観測方向	シーン ID
1	九州北部豪雨	2016/04/29	南行・左	ALOS2104392910-160429
2		2017/07/07		ALOS2168562910-170707
3		2016/10/14	北行・左	ALOS2129300680-161014
4		2017/07/07		ALOS2168630680-170707
5	西日本豪雨（広島）	2018/03/17	北行・右	ALOS2206040680-180317
6		2018/07/21		ALOS2224670680-180721
7		2018/06/20	南行・右	ALOS2220012930-180620
8		2018/08/29		ALOS2230362930-180829
9	胆振東部地震	2016/06/23	北行・右	ALOS2112590840-160623
10		2018/10/11		ALOS2236790840-181011
11		2018/08/23	南行・右	ALOS2229472750-180823
12		2018/10/04		ALOS2235682750-181004
13	房総半島台風	2019/05/27	南行・左	ALOS2270432880-190527
14		2019/10/14		ALOS2291132880-191014
15		2019/08/22	南行・右	ALOS2283292910-190822
16		2019/11/14		ALOS2295712910-191114

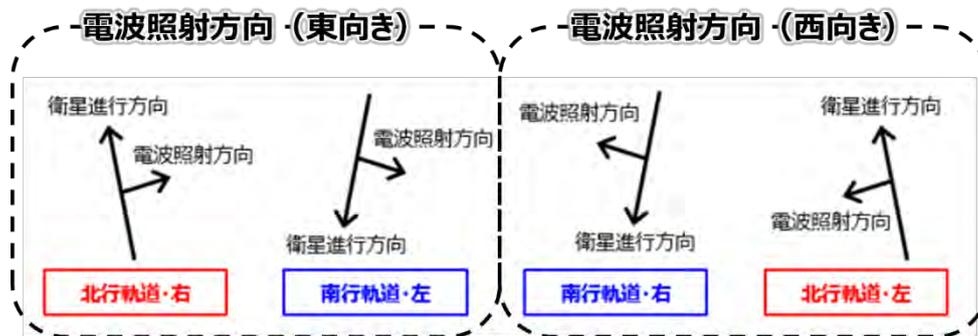


図 3-5 ALOS-2 の観測パターン

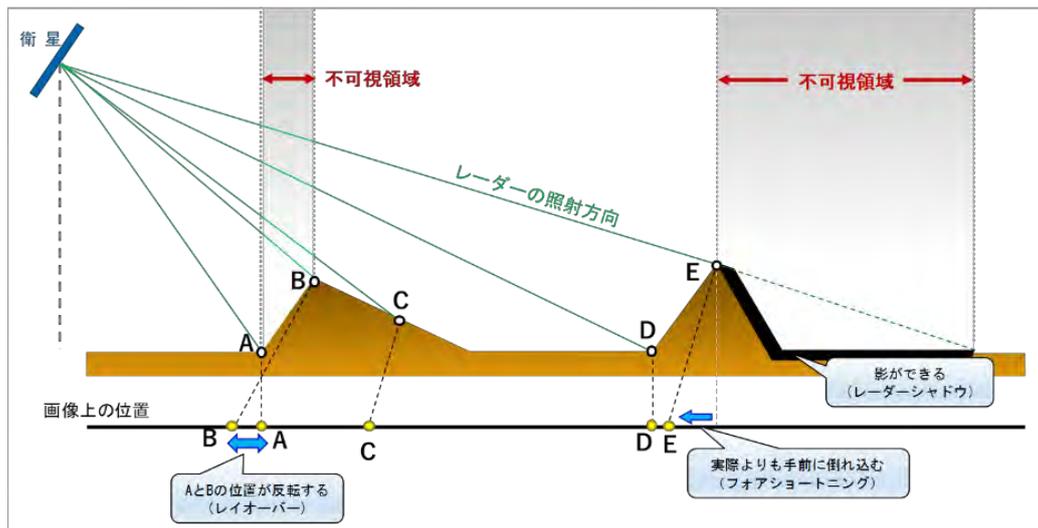


図 3-6 SAR 衛星画像特有の現象の概念図

(3) 災害事例の判読

(2)で調達したALOS-2画像からカラー合成画像を作成し、災害発生箇所を判読した。判読にあたっては、ALOS-2画像のみでは当該箇所の地形や土地利用を把握することは困難であるため、地形図を参照した。また、判読精度向上のため、災害前に撮影された光学画像(3.2.1で調達)を参照し、人工改変地かどうかを確認し、誤判読を低減した。

(1)で選定した斜面崩壊(山腹崩壊、地すべり、土石流)、崩壊土砂の堆積、流木等の漂流、河道閉塞による湛水(天然ダム)及び風倒木の各山地災害と誤判読しやすい伐採を対象に、二時期カラー合成画像における着色のメカニズム及び判読事例を以下に述べる。なお、説明中の後方散乱強度の大小は、SAR画像の前後の時期における相対的な強弱関係を示したものであることに留意を要する。

- 斜面崩壊(山腹崩壊、地すべり、土石流)

災害前の森林斜面では、樹木からの体積散乱が生じている。災害後の森林斜面のうち、レーダー照射方向と正対しない斜面では裸地になったことにより前方散乱が卓越するため、後方散乱強度が減少し、赤く着色される。また、照射方向と正対する斜面では後方散乱が卓越するため、後方散乱強度が増加し、シアンに着色される(図3-7)。斜面崩壊の判読事例を図3-8に示す。

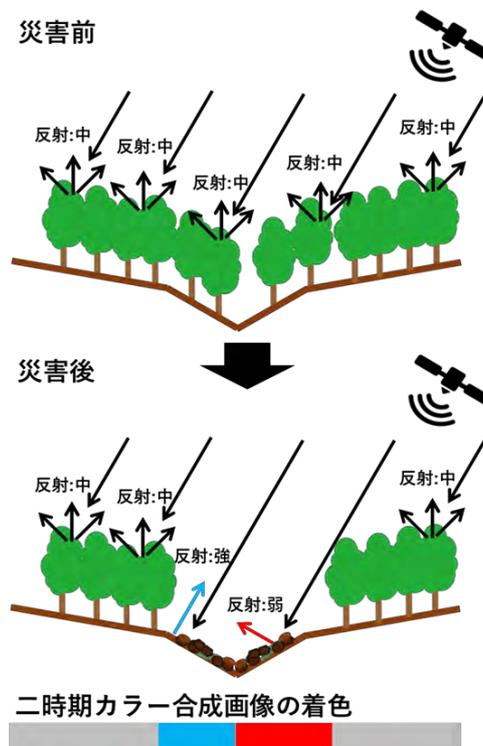


図 3-7 斜面崩壊(山腹崩壊、地すべり、土石流)の二時期カラー画像における着色メカニズム

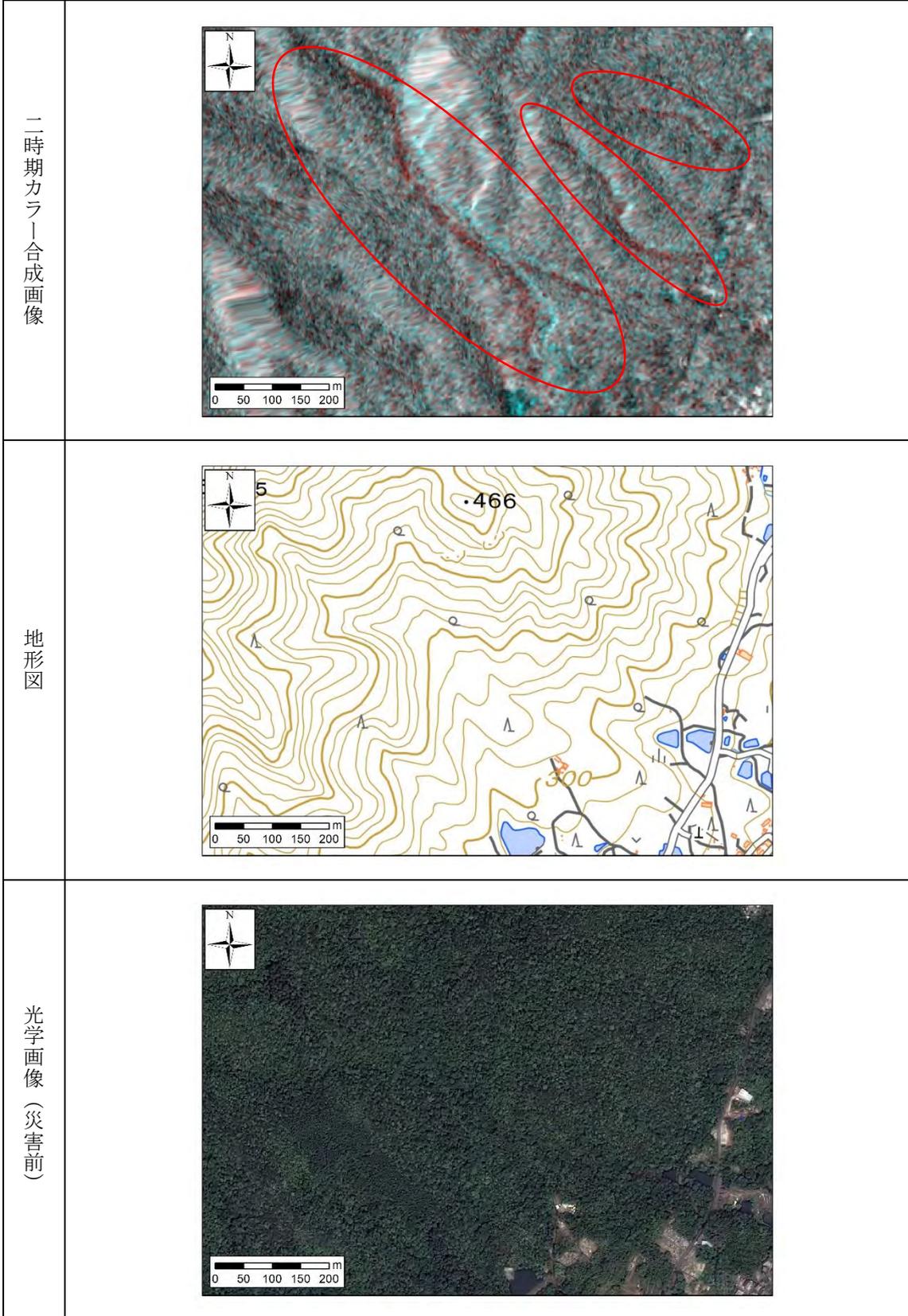


図 3-8 斜面崩壊 (土石流) の事例

● 崩壊土砂の堆積

災害前の起伏の小さい地面では、前方散乱が卓越するため後方散乱強度が小さい。災害によって土砂が流入すると、後方散乱が大きくなり、後方散乱強度が増加するため、当該箇所はシアンに着色される（図 3-9）。崩壊土砂の堆積の判読事例を図 3-10 に示す。

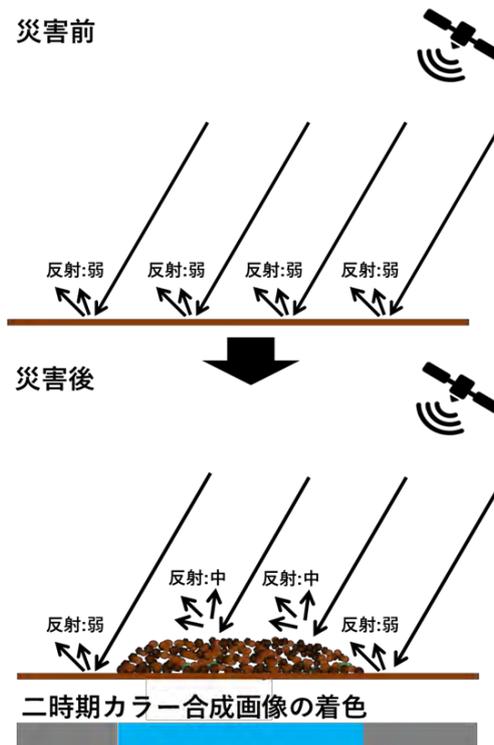


図 3-9 崩壊土砂の堆積の二時期カラー画像における着色メカニズム

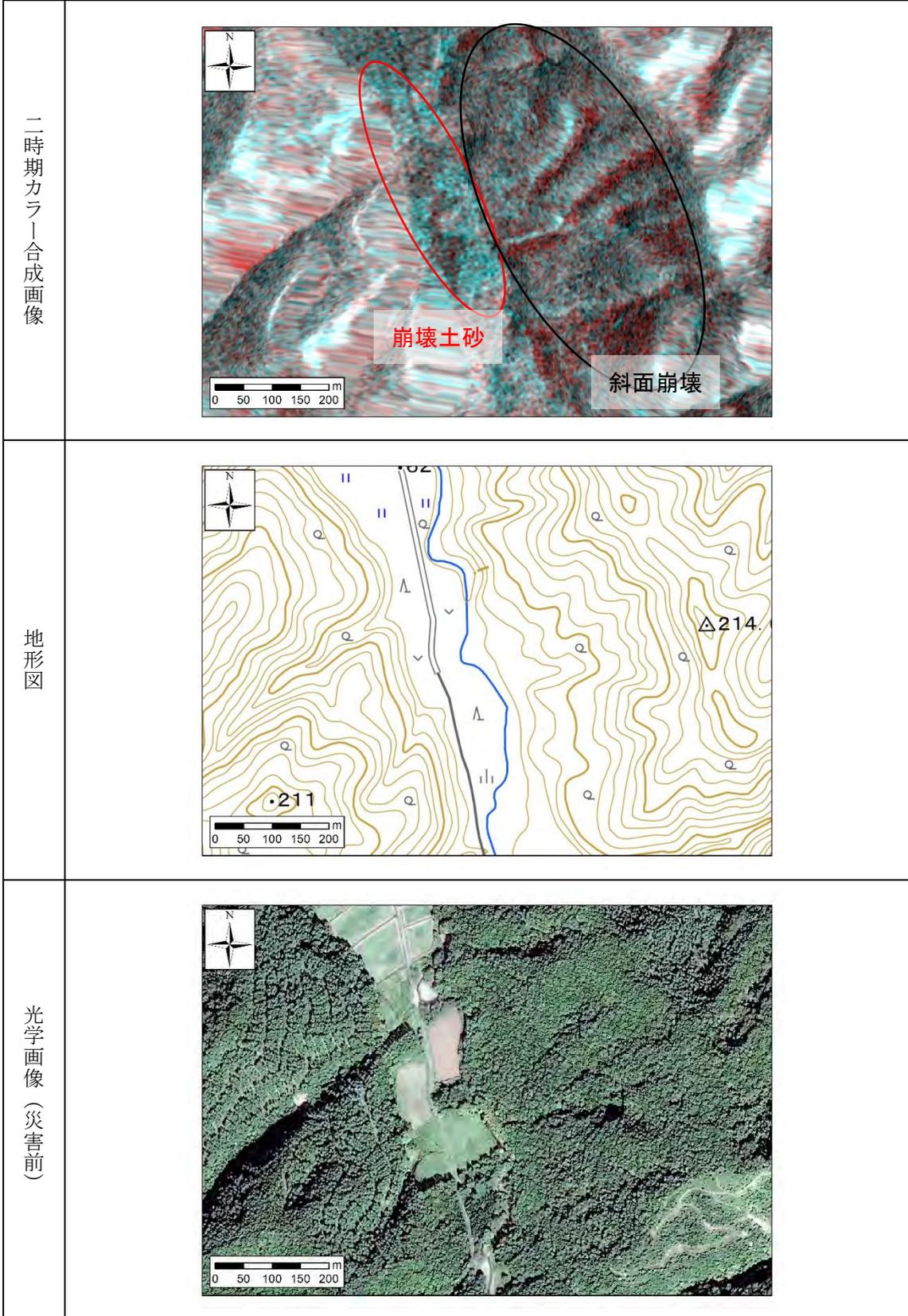


図 3-10 崩壊土砂の堆積の事例

● 河道閉塞による湛水（天然ダム）

災害前の河道では、多少の起伏はあるものの全体的に前方散乱が卓越するため後方散乱強度が小さい。災害によって土砂が流入することで河道閉塞による湛水が発生すると、上流側の湛水箇所では前方散乱がさらに卓越するため後方散乱強度が減少し、赤く着色される。また、下流側の土砂が流入した箇所では、後方散乱が卓越するため後方散乱強度が増加し、シアンに着色される（図 3-11）。河道閉塞による湛水（天然ダム）の判読事例を図 3-12 に示す。

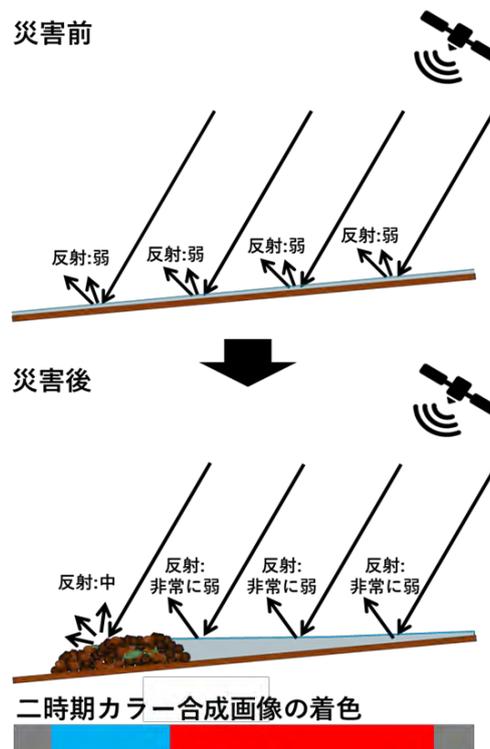


図 3-11 河道閉塞による湛水（天然ダム）の二時期カラー画像における着色メカニズム

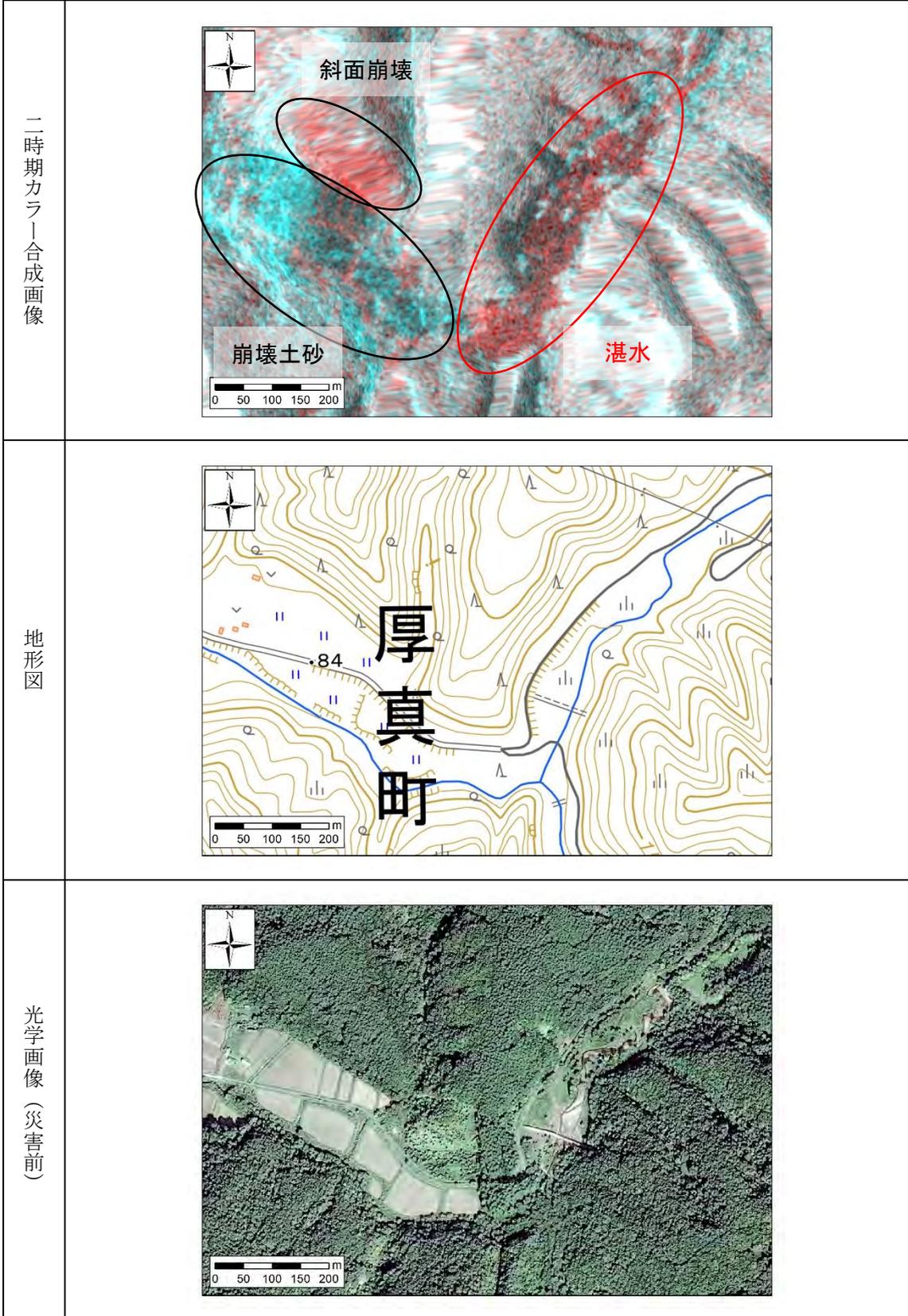


図 3-12 河道閉塞による湛水（天然ダム）の事例流木等の漂流

● 流木等の漂流

災害前の湖・池では、前方散乱が卓越するため後方散乱強度が非常に小さい。災害によって流木や土砂等が流入すると、後方散乱が卓越するため、後方散乱強度が増加し、当該箇所はシアンに着色される（図 3-13）。流木等の漂流の判読事例を図 3-14 に示す。

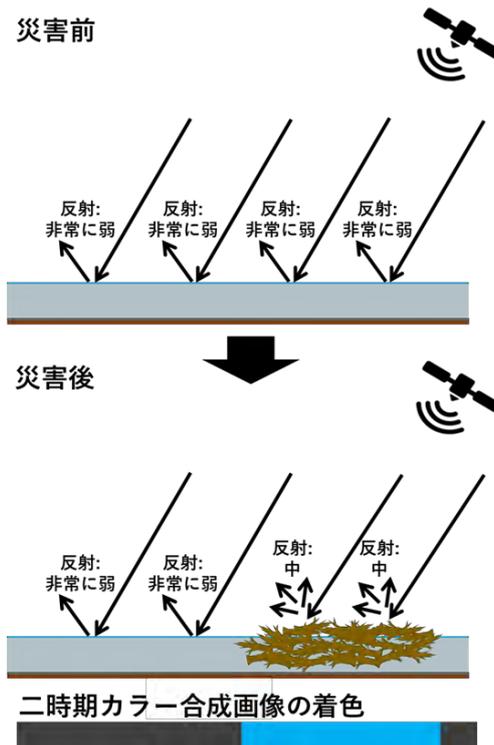


図 3-13 流木等の漂流の二時期カラー画像における着色メカニズム

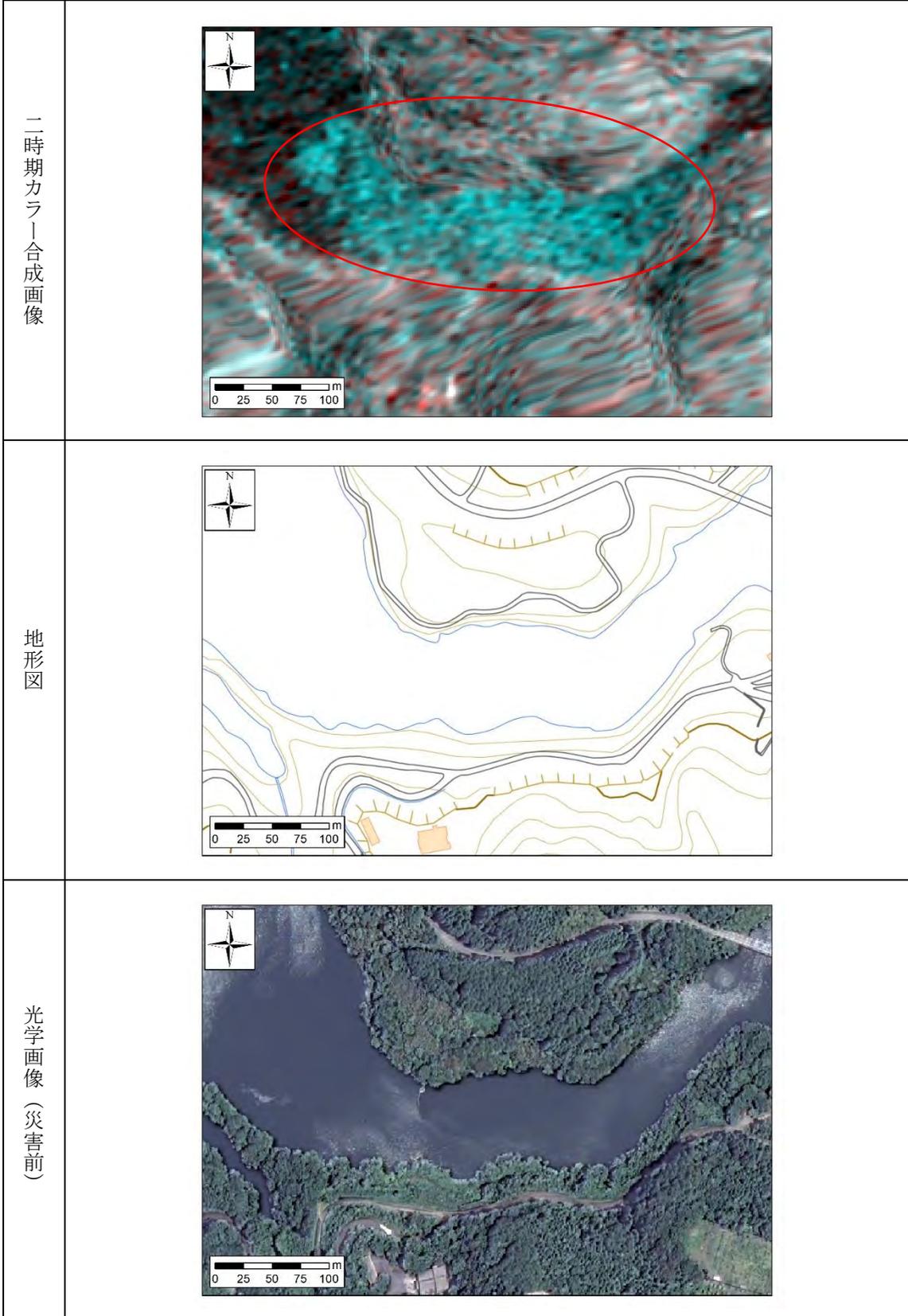


図 3-14 流木等の漂流の事例流木等の漂流

- 風倒木

災害前の森林では、樹木からの体積散乱が生じている。災害によって倒木が発生すると、後方散乱が卓越するため、後方散乱強度が増加し、当該箇所はシアンに着色される。また、倒木により樹木が斜面を流下した場合は、前方散乱が卓越するようになるため、後方散乱強度が減少し、当該箇所は赤く着色される。ただし、樹木の倒れ方や、電波照射方向と斜面向きの関係等により、着色の仕方が変化する可能性があるため留意が必要である（図 3-15）。風倒木の判読事例を図 3-16 に示す。

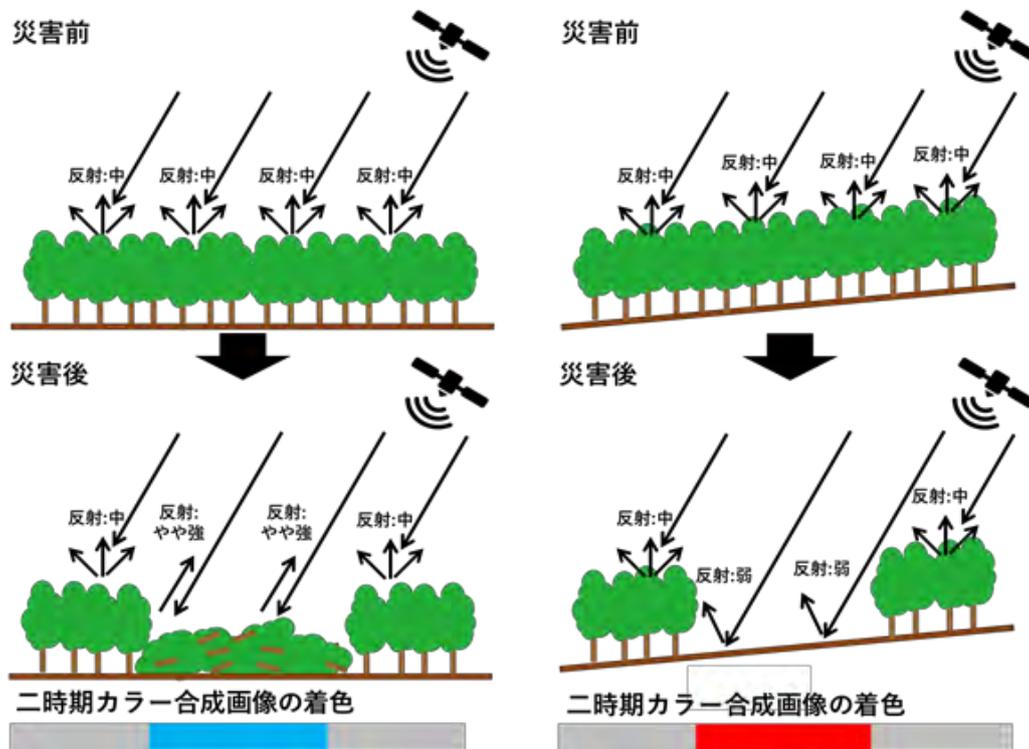


図 3-15 風倒木の二時期カラー画像における着色メカニズム

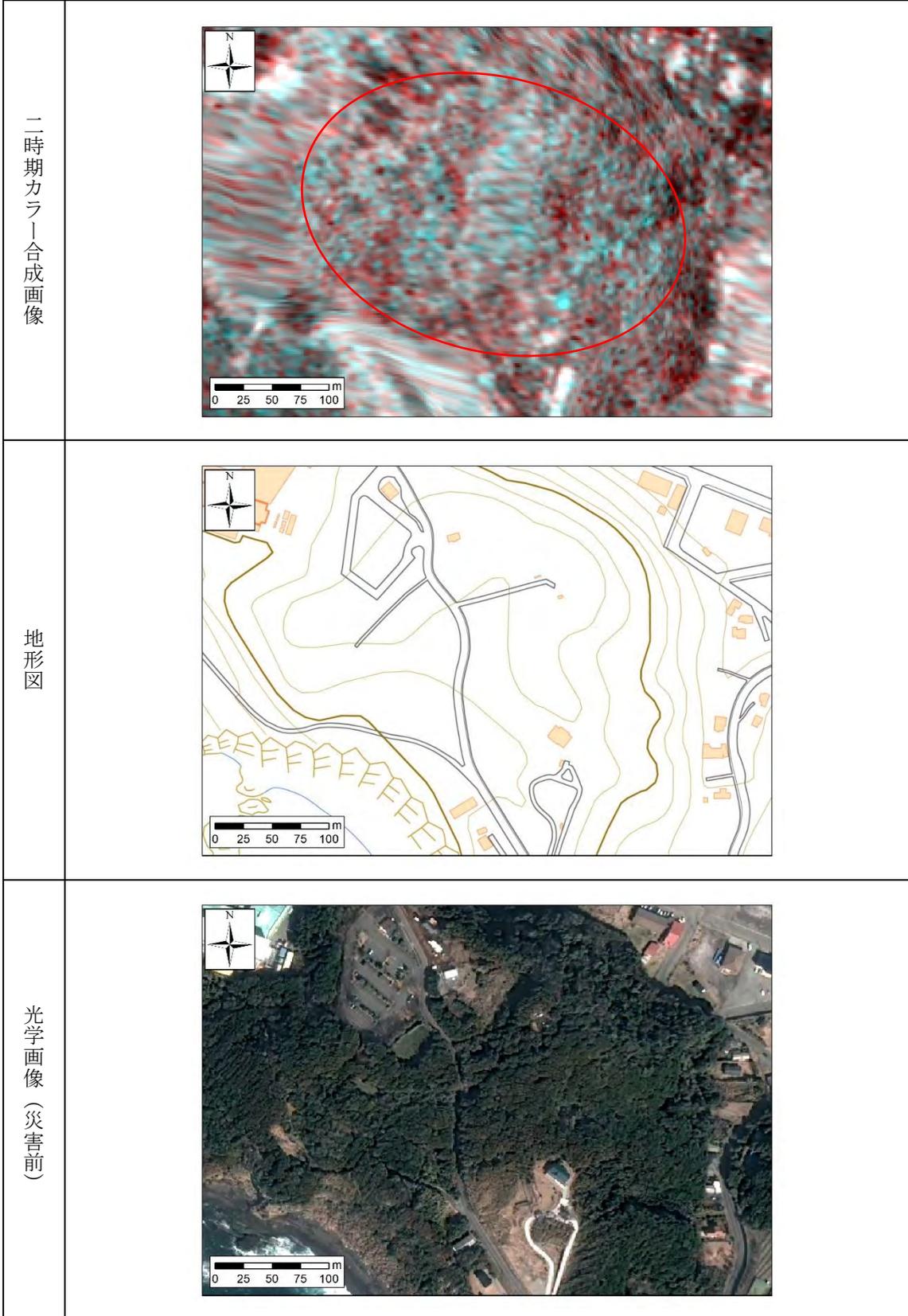


図 3-16 風倒木の事例

- 伐採

伐採前の森林では、樹木からの体積散乱が生じている。伐採によって樹木が除去されると前方散乱が卓越するため、後方散乱強度が減少し、当該箇所は赤く着色される（図 3-17）。伐採の判読事例を図 3-18 に示す。

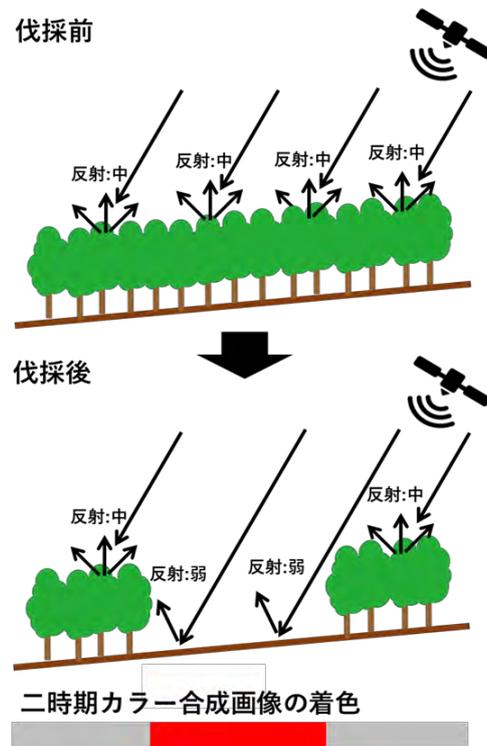


図 3-17 伐採の二時期カラー画像における着色メカニズム

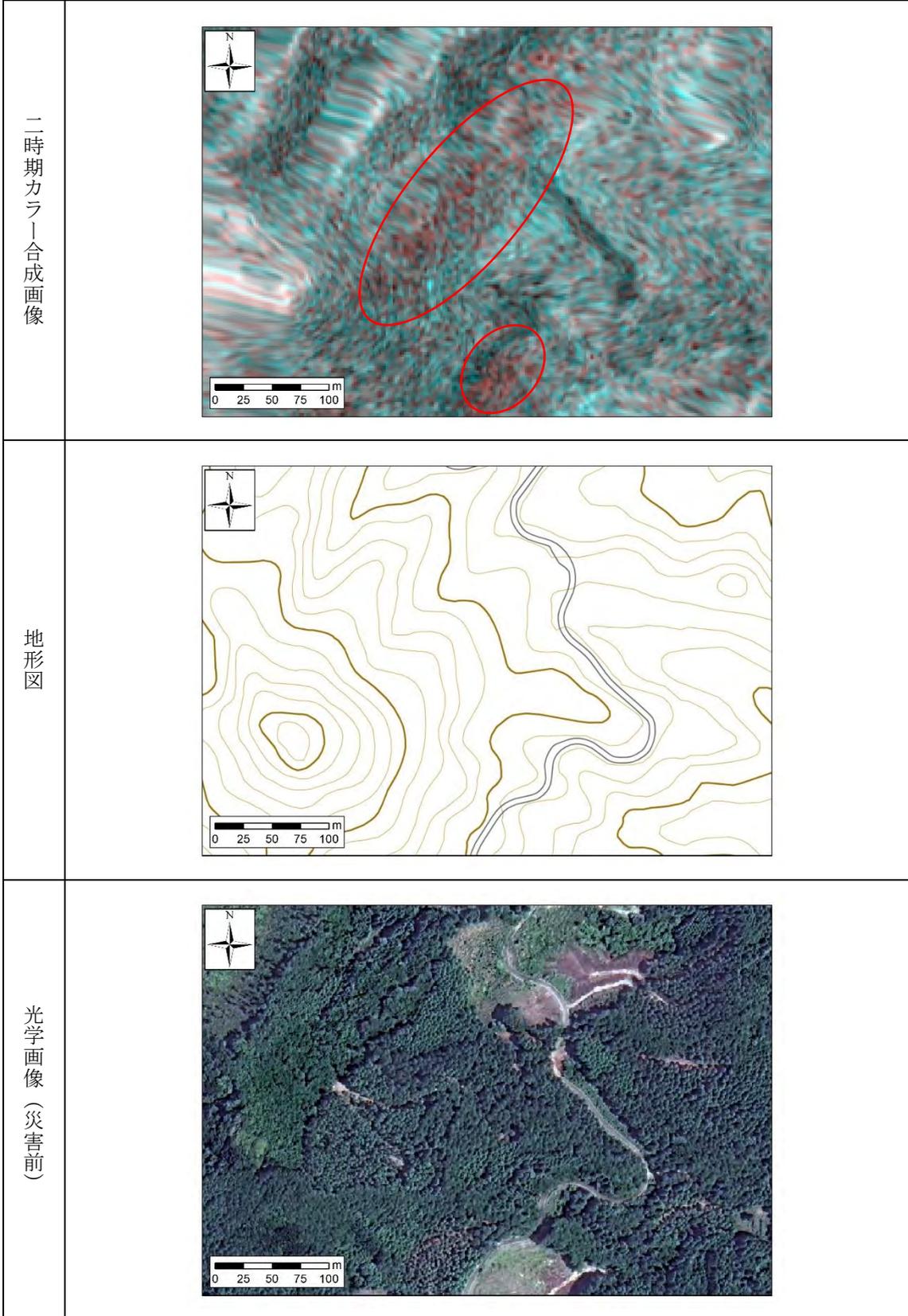


図 3-18 伐採の事例

(4) 判読結果の精度検証

(1)で選定した、平成29年7月九州北部豪雨及び平成30年7月豪雨における斜面崩壊（山腹崩壊、地すべり、土石流及び崩壊土砂の堆積）を対象に、判読結果の精度検証を実施した。判読方法については、地形図とSAR画像のみを使用した場合（ガイドブック中の判読フローにおけるステップ1）と、地形図、SAR画像に加えて災害前の光学画像を参照した場合（ガイドブック中の判読フローにおけるステップ2）の2通りを比較した。

精度の算出にあたっては、衛星画像から判読した土砂移動範囲を示す「判読ポリゴン」と外部機関により公表されている土砂移動範囲を示す「検証ポリゴン」を使用し、適合率と再現率を計算した。算出方法を図 3-19 に示す。

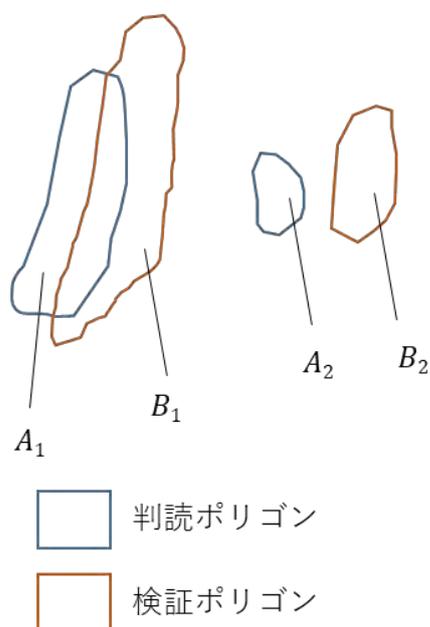
上記方法に基づき精度を算出した結果を表 3-4に示す。算出結果の特徴的な点として、平成29年7月九州北部豪雨の判読精度の適合率がステップ1のみ実施した場合と比べてステップ2まで実施した場合に大きく向上していることが挙げられる。これは、伐採等による人工改変地の誤判読が災害前の光学画像を参照することで減少したことに起因すると考えられる。平成30年7月豪雨の判読エリアでは伐採地が少なかったため、ステップ1のみ実施した場合でも適合率が90%と高くなっている。また、両災害ともに再現率はステップ1のみ実施した場合とステップ2まで実施した場合のいずれにおいても30%未満と低い値に留まったことから、今回の判読結果においては判読漏れが多いという特徴があることが明らかになった。判読漏れは、災害後に光学画像を撮影し、再度判読を行うことで改善することが見込まれる。これについては3.2で後述する。同じ判読方法を用いた2災害間における適合率および再現率の差は、検証データにおける崩壊地の判読基準が作成機関ごとに異なる（平成30年7月豪雨：広島大学平成30年7月豪雨災害調査団、平成29年7月九州北部豪雨：国土地理院）ことに起因している可能性が考えられる。

また、検証ポリゴンを面積が1ha以上のものに絞って精度を計算した結果、再現率はいずれの災害においても大幅に向上した。このことから、1ha以上のような比較的規模の大きな崩壊地であれば、SAR画像でも漏れが少なく抽出できていると考えられる。なお、適合率については、1ha未満の検証ポリゴンと重なる小規模な判読ポリゴンが誤判読として判定されることから低下している点に留意を要する。

さらに、判読・検証ポリゴンともに1ha以上のものに絞った場合、適合率は60%程度となったことから、1ha以上の面積の判読ポリゴンについては、一定の水準で実際に崩壊が発生していることが明らかになった。一方、判読・検証ポリゴンともに1ha以上のものに絞った場合の再現率は、前述の検証ポリゴンのみ1ha以上のものに絞った場合の再現率と比べて低下した。このことから、実際に発生した1ha以上の崩壊地が1ha未満の崩壊地として判読されている場合があることが明らかになった。これは、崩壊地の一部が画像上で視認できない場合、該当部分を崩壊地として判読できず判読ポリゴンが不連続となることで1つの判読ポリゴンとしての面積が小さくなり、1ha以上の崩壊地が1ha未満の複数の崩壊地として判読されることに起因していると考えられる（図 3-20）。

以下に、SAR 衛星画像を用いた山地災害の判読精度に影響を与える要因をまとめた。

- SAR衛星画像の解釈には専門知識が必要であり、光学衛星画像と比べて判読者による判読結果の差が生じやすい。
- SAR衛星の電波照射方向や観測角度（オフナディア角）により、崩壊地を視認できない場合がある（東向きと西向き両方の照射方向の画像を活用しても、不可視領域は存在する）ため、判読エリアの地形によって視認できる範囲が異なる。
- 崩壊地を視認できる場合でもSAR画像の歪みにより、正しい位置・形状で捉えられない場合がある。



適合率：全ての判読ポリゴンのうち、検証ポリゴンと一部でも重なる判読ポリゴンの割合。高いほど誤判読が少ないことを示す。

$$\text{適合率} = \frac{n(A_1)}{n(A_1) + n(A_2)} \times 100$$

A_1 ：検証ポリゴンと一部でも重なる判読ポリゴン

A_2 ：検証ポリゴンと重ならない判読ポリゴン

$n(A_1)$ ： A_1 の数

$n(A_2)$ ： A_2 の数

再現率：全ての検証ポリゴンのうち、判読ポリゴンと一部でも重なる検証ポリゴンの割合。高いほど判読漏れが少ないことを示す。

$$\text{再現率} = \frac{n(B_1)}{n(B_1) + n(B_2)} \times 100$$

B_1 ：判読ポリゴンと一部でも重なる検証ポリゴン

B_2 ：判読ポリゴンと重ならない検証ポリゴン

$n(B_1)$ ： B_1 の数

$n(B_2)$ ： B_2 の数

図 3-19 精度の算出方法

表 3-4 判読精度の算出結果

対象災害	判読エリア	判読方法	全ポリゴン						1ha以上の検証ポリゴン						1ha以上の判読・検証ポリゴン						検証データ出典
			判読ポリゴン数(のうち)	重複ポリゴン数(判読ポリゴンのうち)	適合率	検証ポリゴン数	重複ポリゴン数(検証ポリゴンのうち)	再読率	判読ポリゴン数	重複ポリゴン数(判読ポリゴンのうち)	適合率	検証ポリゴン数	重複ポリゴン数(検証ポリゴンのうち)	再読率	判読ポリゴン数	重複ポリゴン数(判読ポリゴンのうち)	適合率	検証ポリゴン数	重複ポリゴン数(検証ポリゴンのうち)	再読率	
平成30年7月豪雨	広島県安芸郡坂田町、府中町、熊野町、海田町	判読フローステップ1	191	172	90%	900	230	26%	191	74	39%	26	17	65%	20	13	65%	26	11	42%	広島大学平成30年7月豪雨災害調査団
		判読フローステップ2	184	169	92%	900	228	25%	184	73	40%	26	17	65%	19	12	63%	26	10	38%	
平成29年7月九州北部豪雨	福岡県新宮郡東峰村	判読フローステップ1	75	31	41%	219	23	11%	75	4	5%	9	7	78%	12	4	33%	9	4	44%	国土地理院
		判読フローステップ2	48	29	60%	219	22	10%	48	4	8%	9	7	78%	6	4	67%	9	4	44%	

※1つの判読ポリゴンが複数の検証ポリゴンと重複することがあり、重複ポリゴン数(検証ポリゴンのうち)が判読ポリゴン数を超える場合がある。

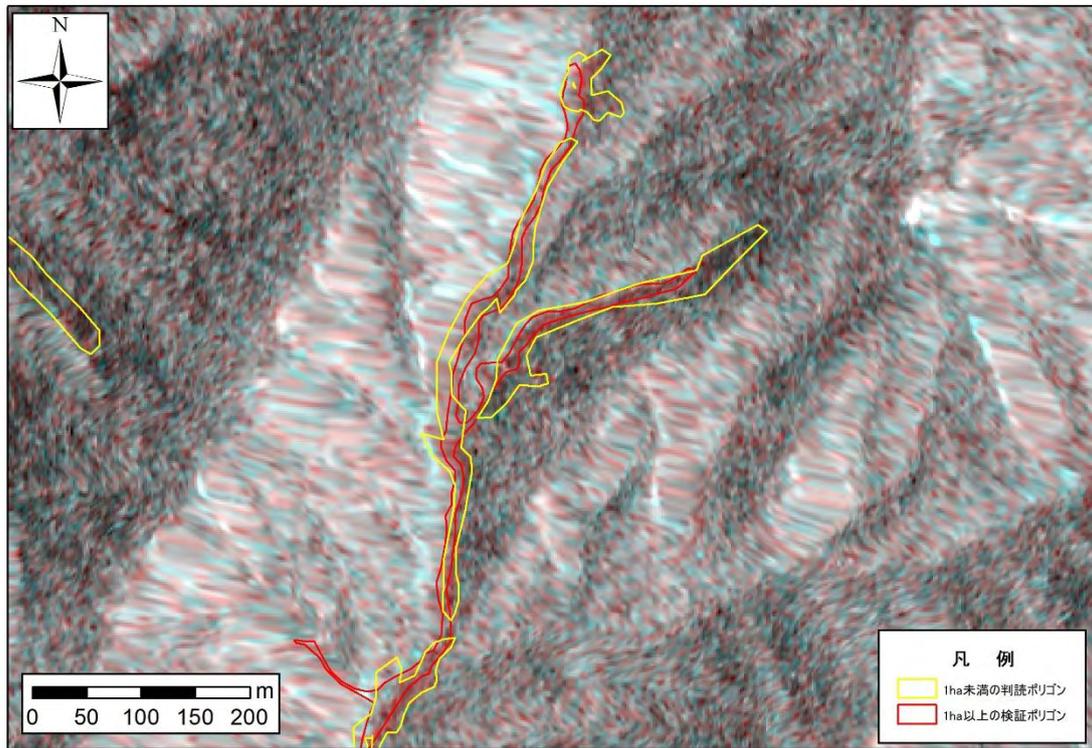


図 3-20 判読ポリゴンが不連続となる事例

3.1.3 ガイドブック（案）作成

3.1.2 で整理した災害事例判読の結果を基に、衛星データや森林に関する知識や経験が乏しい行政職員でも山地災害の発生箇所を把握しやすいように別添資料のとおりガイドブック（案）を作成した。

ガイドブック（案）には、3.1.1 で検討した構成に基づき、SAR 画像に関する基本事項をはじめ判読フロー、判読事例等を記載した。SAR 画像に関する基本事項では、SAR の原理や SAR 画像の留意点、二時期カラー合成画像の原理等を解説した。

判読フローについては、二時期カラー合成画像上の色の分布等、判読される特徴に応じたフローを示した。このとき、判読環境は、JAXA により提供される災害速報図を GIS ソフト上で表示させることを想定した。

判読事例においては、二時期カラー合成画像のみではなく、災害箇所の光学画像や地形図も掲載することで理解を促すこととした。また、現地で発生している災害現象と二時期カラー合成画像上での見え方の対応関係を明確にイメージできるように模式図を作成した。このほか、判読時の注意点として災害発生箇所と間違えやすい誤判読事例を解説した。

3.1.4 行政職員ヒアリング

ガイドブックは行政職員の作業を標準化するだけでなく、「理解のしやすさ」、「即時性」や「留意点等の充実」によって、災害時の対応力を向上することが重要である。また、判読事例には必要な情報が網羅されていることが必要である。

このため、実際に災害対応を実施する現場を担う行政職員に対してヒアリングを行い、フィードバックを元にガイドブックを改善した。

(1) ヒアリング実施日

行政職員へのヒアリングは、表 3-5 のとおり各自治体につき 3 回実施した。

表 3-5 行政職員及び有識者へのヒアリング等実施日

実施回数	主な内容	福岡県	広島県	北海道	千葉県
第 1 回	対象とする山地災害の確認、過去の提供された資料において自治体からの留意点や必要な情報について	10 月 19 日	10 月 20 日	12 月 2 日	1 月 24 日
第 2 回	山地災害のガイドブック（素案）に対する内容のレビュー	1 月 23 日	1 月 23 日	2 月 3 日	2 月 3 日
第 3 回	山地災害のガイドブック（最終案）に対する内容のレビュー ・素案からの変更点の確認 ・検証結果を受けての意見収集	2 月 2 日	2 月 3 日	2 月 20 日	2 月 24 日

(2) ヒアリング結果

ヒアリング結果は表 3-6 の通りである。以下に要旨を示す。

① 取り扱う災害現象等の優先度について

広島県では、山腹崩壊、地すべり、土石流、崩壊土砂の堆積については優先順位が高いとの回答であった。また、流木等の漂流などの災害についての優先度は中程度であり、河道閉塞による湛水や風倒木は低いとの回答であった。

北海道では、山腹崩壊、地すべり、土石流、崩壊土砂の堆積、河道閉塞による湛水について優先順位が高く、流木等の漂流、風倒木については中程度であるが、災害が発生した位置によっては優先順位が下がるとの回答であった。また、伐採跡地については、優先順位は低い、大規模伐採や重機による地山の攪乱があれば優先順位は高くなるとの回答であった。

千葉県では、山腹崩壊、地すべり、土石流について周辺に人的、インフラ等被害がある場合は最優先となるとの回答であった。また崩壊土砂の堆積や流木等の漂流については堆積の状況および周囲の状況から判断することになるとの回答であった。河道閉塞による湛水（天然ダム）では、閉塞状況及び下流の状況から判断するとし、特にインフラ等に影響がある場合は最優先となるが、影響する範囲に限られるとのことであった。

また、伐採跡地については無許可開発等が疑われる場合は違反への対応として最優先となるとの回答であった。

福岡県では特に取り扱う災害現象に優先度はないとのことであった。

② 分かりづらい点・疑問点

福岡県、千葉県ともに、SAR 画像について、画像が細かく確認しにくい、また、画像に何が写っているのか、どのような山地災害を表わしているか分かりにくいとの回答であった。

北海道では、SAR 画像と光学画像との位置や方位等のずれが生じていることに違和感があるとのことであった。

また、広島県では、SAR 画像について、どこまで判読された状態で提供してもらえるのか、自治体において SAR 画像を判読する必要があるかについて確認があった。

③ ガイドブック内で特に関心のある項目

福岡県では、判読事例で記載している事例ごとの SAR 画像の着色メカニズムについて関心があるとの回答であった。広島県では、災害全体の規模の把握に活用することを想定し、実際の災害箇所数との整合率について関心があるとの回答であった。また、北海道と千葉県では SAR 画像による山地災害判読調査のフローと判読事例について関心あるとの回答であった。

④ 過去に提供された災害速報図等の資料について気が付いたこと

今回ヒアリングを実施した中で唯一災害速報図を使用した経験があるのは広島県であっ

た。災害速報図を活用した結果、土砂災害が発生している箇所と一致したが、実際に土砂災害が発生した箇所は他にも多数存在していたとの回答であった。

なお、北海道では、災害速報図に代表縦断図等で、崩壊前後が判るものが記載されていると分かり易い、との回答があった。

⑤ 取り扱う災害現象等について現場の視点から判読に当たっての注意すべき内容

千葉県からは、誰でも判読できるよう判読がなるべく容易な方法を整備する必要があるとの回答であった。また、北海道から、保全対象の位置関係や、緊急性の有無等について、地図レイヤーや時間軸により確認が必要と感じているとの回答があった。

⑥ 自治体への情報提供

自治体への情報提供に当たって注意すべき点では、広島県では、災害発生時には現場においても現地調査等で混乱していることからどの情報をもとに現地調査を実施するか、混乱しないよう配慮する必要があるとの回答であった。また、千葉県からも災害発生時は限られた人的リソースで対応することになることから、理解するのに容易な形で情報提供をお願いしたい、との回答であった。

表 3-6 ヒアリング結果

ヒアリング内容	福岡県	広島県	北海道	千葉県
取り扱う災害現象等の優先度について	・災害現象等の優先度は特に設けていない	・山腹崩壊、地すべり、土石流、崩壊土砂の堆積については優先順位が高い。 ・流木等の漂流は中程度、河道閉塞による湛水、風倒木は低い	・山腹崩壊、地すべり、土石流、崩壊土砂の堆積、河道閉塞による湛水について優先順位が高い。流木等の漂流、風倒木は中程度である。 なお、これらの災害については、災害が発生した位置によっては優先順位が下がる。 ・伐採跡地について優先順位は低いが、大規模伐採や重機による地山の攪乱があれば優先順位は高くなる。	・山腹崩壊、地すべり、土石流については人的、インフラ等被害がある場合は最優先となる。 ・崩壊土砂の堆積について堆積の状況および周囲の状況から判断することになる。 ・流木等の漂流では、下流の状況から判断することになる。 ・河道閉塞による湛水（天然ダム）閉塞の状況及び下流の状況から判断する ・インフラ等に影響がある場合は最優先となるが、影響する範囲に限られる ・伐採跡地については無許可開発等が疑われる場合は違反への対応として最優先となる

目次・構成案について	<ul style="list-style-type: none"> ・P14 から 19 の判読事例について SAR 画像、光学画像があればより分かり易いと感じた ・それぞれの災害が光学画像、SAR 画像ではどのように写るのか具体的な写真があると分かり易い 	特になし	特になし	特になし
分かりづらい点・疑問点	<ul style="list-style-type: none"> ・P7 の SAR 画像が細かいため確認しにくい。 ・森林荒廃面積と林道被害額の相関についてはガイドブックには載せないのか。 	<ul style="list-style-type: none"> ・どこまで判読された状態で提供していただけるのか。こちらで判読をする必要があるのか。 	<ul style="list-style-type: none"> ・P9 の光学写真と SAR の写真の尺度や方位、位置は同じか。他の写真との比較のものも同じ箇所に見えないものがある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・SAR 画像は何が写っているのか、それがどういった山地災害を表しているのか非常に分かりにくい。
ガイドブック内で特に関心のある項目	<ul style="list-style-type: none"> ・P14 から 19 の判読事例で記載している事例ごとの SAR 画像の着色メカニズムについて関心がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・災害全体の規模の把握に活用するイメージなので実際の災害箇所数との整合率について関心がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・判読事例に関心がある。 ・P25 地すべりの説明で溪流の閉塞により大雨時土石流化する可能性があり、危険となることを追記して欲しい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・SAR 画像による山地災害判読調査のフローと判読事例について関心がある。
過去に提供された災害速報図等の資料について気が付いたこと	<ul style="list-style-type: none"> ・災害速報図の提供はない。過去に提供なし。 	<ul style="list-style-type: none"> ・提供していただいた箇所については、土砂災害が発生している箇所と一致したが実際に土砂災害が発生した箇所は他にも多数存在した。 		<ul style="list-style-type: none"> ・特になし（令和元年度の災害発生時は気が付いた記憶がない）
過去に提供された災害速報図等の資料に盛り込むべき情報等について	<ul style="list-style-type: none"> ・災害速報図の提供はない。過去に提供なし 	特になし	<ul style="list-style-type: none"> ・代表縦断図等で、崩壊前後が判るものが記載されていると判りやすい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・前述のとおり特に記憶がないため回答不能。
取り扱う災害現象等について現場の視点から判読に当たっての注意すべき内容	<ul style="list-style-type: none"> ・林野庁に災害報告を行うためには P12 のステップまで行う必要があると思う。 	特になし	<ul style="list-style-type: none"> ・保全対象の位置関係や、緊急性の有無等について、地図レイヤーや時間軸により確認が必要と感じている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・誰でも判読できるよう判読がなるべく容易となるよう方法を整備する必要があると考える。
自治体様への情報提供に当たって注意すべき点		<ul style="list-style-type: none"> ・災害発生時には現場も現地調査等で混乱していると思われることから、どの情報を基に現地調査するのか混乱しないようにする必要が 		<ul style="list-style-type: none"> ・災害発生時は限られた人的リソースで対応することになるため、理解するのに容易な形で情報提供をお願いしたい。

(3) ガイドブックに求められる内容

ガイドブックに求められる内容について下記とおり整理を行い、対応内容について検討した。

表 3-7 ガイドブックに求められる内容

ヒアリング内容	ヒアリング結果のまとめ
充実させる災害について	・山腹崩壊、地すべり、土石流、崩壊土砂の堆積に対する優先順位が高い。
分かりづらい点・疑問点	自治体では SAR 画像を判読することの難しいことから災害時に SAR 画像をどこまで判読された状態で提供を行うか検討が必要。
ガイドブック内で特に関心のある項目	・ SAR 画像の着色メカニズム。 ・ SAR 画像による実際の災害箇所数との整合率。 ・ SAR 画像による山地災害判読調査のフローと判読事例。
過去に提供された災害速報図等の資料について気が付いたこと	・災害速報図の結果以外に、実際にはさらに多数の災害が存在する可能性がある。
取り扱う災害現象等について現場の視点から判読に当たった際の注意すべき内容	・誰でも判読できる容易な判読手法の整備が必要である。
自治体への情報提供	・災害発生時は、混乱が生じており、限られた人員での対応が求められることから、整理され理解しやすくかつ容易な形で情報提供が求められている。

3.2 ALOS-3 相当画像による災害把握の検証

光学衛星 ALOS-3 の森林行政における災害対応での活用可能性を検証するために、3.1.2 と同様の災害を対象に ALOS-3 と同等程度の分解能を有する衛星画像を調達し、ALOS-3 の分解能に相当する画像（以下、「ALOS-3 相当画像」という。）を作成した。また、ALOS-3 相当画像を使用して災害事例を判読し、その結果を検証した。

3.2.1 判読用衛星画像の調達

本検証に使用する光学衛星として、ALOS-3（空間分解能 0.8 m）と同等程度の分解能を有する Pleiades（空間分解能 0.5 m）を採用した。対象とする山地災害は 3.1.2 と同様とした（表 3-8）。

Pleiades 画像は面積当たりで調達する必要があるため、3.1.2 で特定した山地災害による被害が顕著な範囲を指定して、災害前後の画像を調達した。また、精度検証にあたっては、平成 29 年 7 月九州北部豪雨における福岡県朝倉郡東峰村及び平成 30 年 7 月豪雨における広島県安芸郡坂町、府中町、熊野町、海田町で発生した斜面崩壊を対象とするため、これらの自治体を網羅するように調達した。本業務で調達した Pleiades 画像を表 3-9 に示す。

調達した Pleiades 画像のリサンプリング処理を実施することで、ALOS-3 の空間分解能（0.8 m）と同程度となる ALOS-3 相当画像を作成した。

表 3-8 対象災害一覧

災害名	災害発生日	主な山地災害
平成29年7月九州北部豪雨	2017/7/5, 6	斜面崩壊（山腹崩壊、土石流、地すべり）、流木等の漂流
平成30年7月豪雨	2018/7/5~9	斜面崩壊（山腹崩壊、土石流、地すべり）
平成30年北海道胆振東部地震	2018/9/6	斜面崩壊（山腹崩壊、土石流、地すべり）、河道閉塞による湛水（天然ダム）
令和元年房総半島台風	2019/9/8, 9	風倒木

表 3-9 本業務で調達した Pleiades 画像

No.	対象災害	撮影日	シーン ID	購入面積 (km ²)
1	平成 29 年 7 月九州北部豪雨	2017/05/29	DS_PHR1A_201705290215259_FR1 _PX_E130N33_0811_01804	25
2		2017/7/13	DS_PHR1A_201707130219436_FR1 _PX_E130N33_0810_03014	25
3		2017/05/29	DS_PHR1A_201705290215173_FR1 _PX_E130N33_1111_01426	58
4		2017/09/30	DS_PHR1B_201709300212270_FR1 _PX_E130N33_1111_01728	58
5	平成 30 年 7 月豪雨	2017/05/11	DS_PHR1B_201705110203243_FR1 _PX_E132N34_0710_01880	79
6		2018/07/12	DS_PHR1A_201807120217496_FR1 _PX_E132N34_0611_02636	79
7	北海道胆振東部地震	2017/09/22	DS_PHR1B_201709220131458_FR1 _PX_E142N42_0219_06186	25
8		2018/09/11	DS_PHR1B_201809110108534_JS3 _PX_E141N42_1217_02722	25
9	令和元年房総半島台風	2018/03/02	DS_PHR1B_201803020144478_FR1 _PX_E139N35_1101_02710	25
10		2019/09/17	DS_PHR1B_201909170106540_JS3 _PX_E139N35_1103_01377	25

3.2.2 災害事例の判読・検証

3.2.1 で調達・作成した ALOS-3 相当画像を用いて、災害発生箇所を判読した。また、斜面崩壊の判読結果の精度を検証した。

(1) 災害事例の判読

3.2.1 で調達・作成した ALOS-3 相当画像を用いて、災害発生箇所を判読した。判読対象は、3.1.2 と同様、斜面崩壊（山腹崩壊、地すべり、土石流）、崩壊土砂の堆積、流木等の漂流、河道閉塞による湛水（天然ダム）及び風倒木の各山地災害と、斜面崩壊と誤判読しやすい伐採とした。判読にあたっては、地形図と災害前後の ALOS-3 相当画像（光学画像）を参照した。判読事例を図 3-21～図 3-26 に示す。

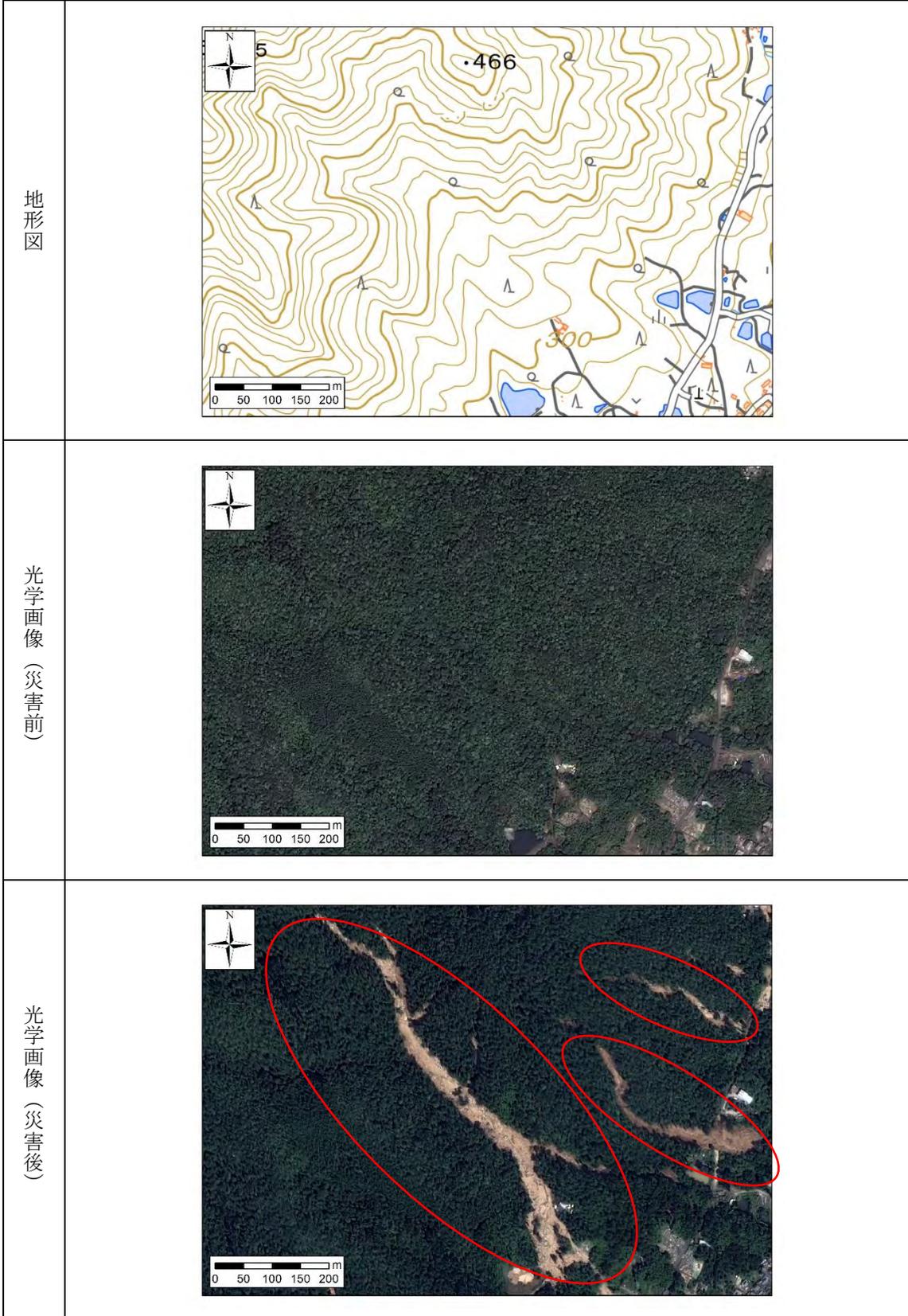


図 3-21 斜面崩壊 (土石流) の事例

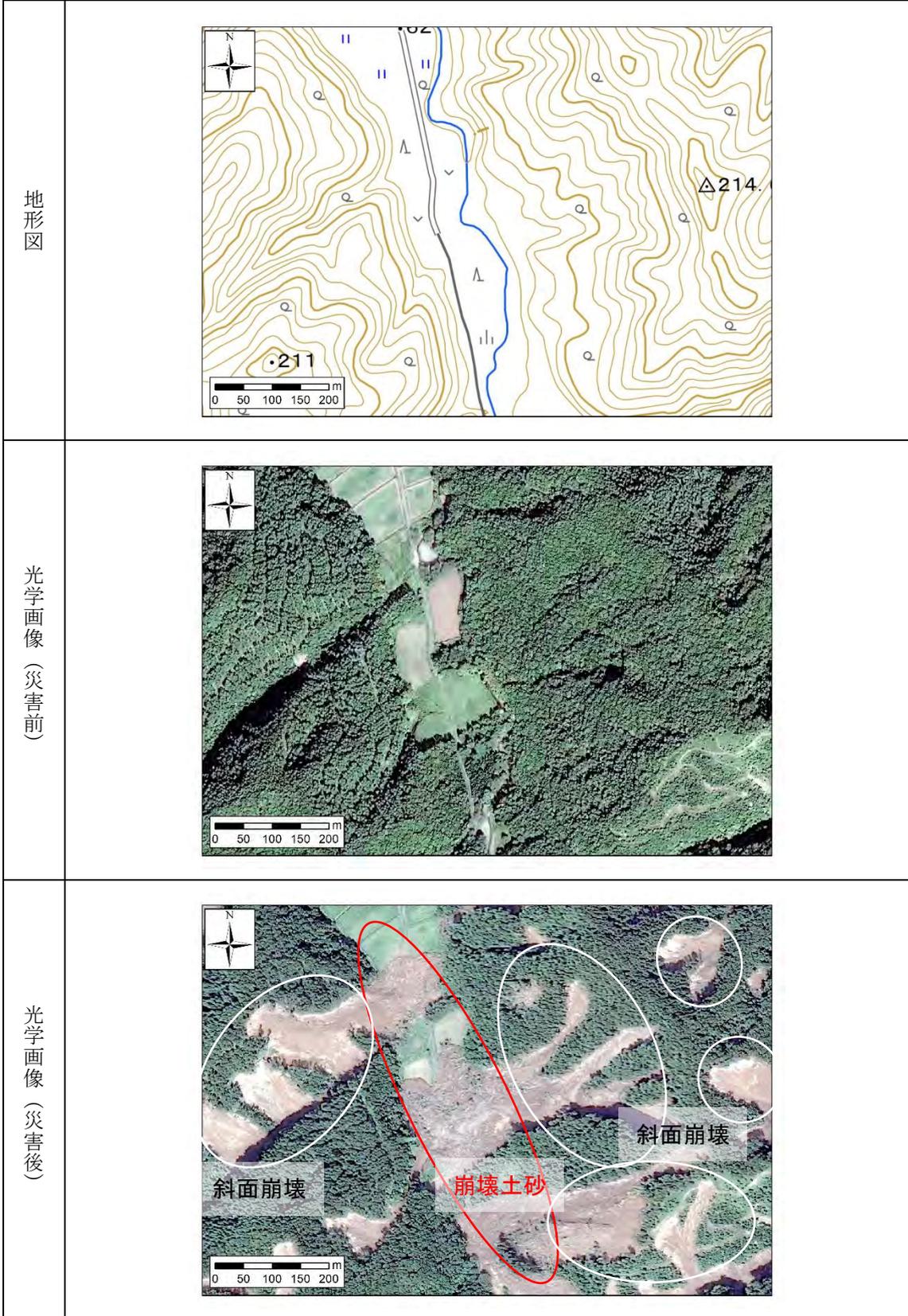


図 3-22 崩壊土砂の堆積の事例

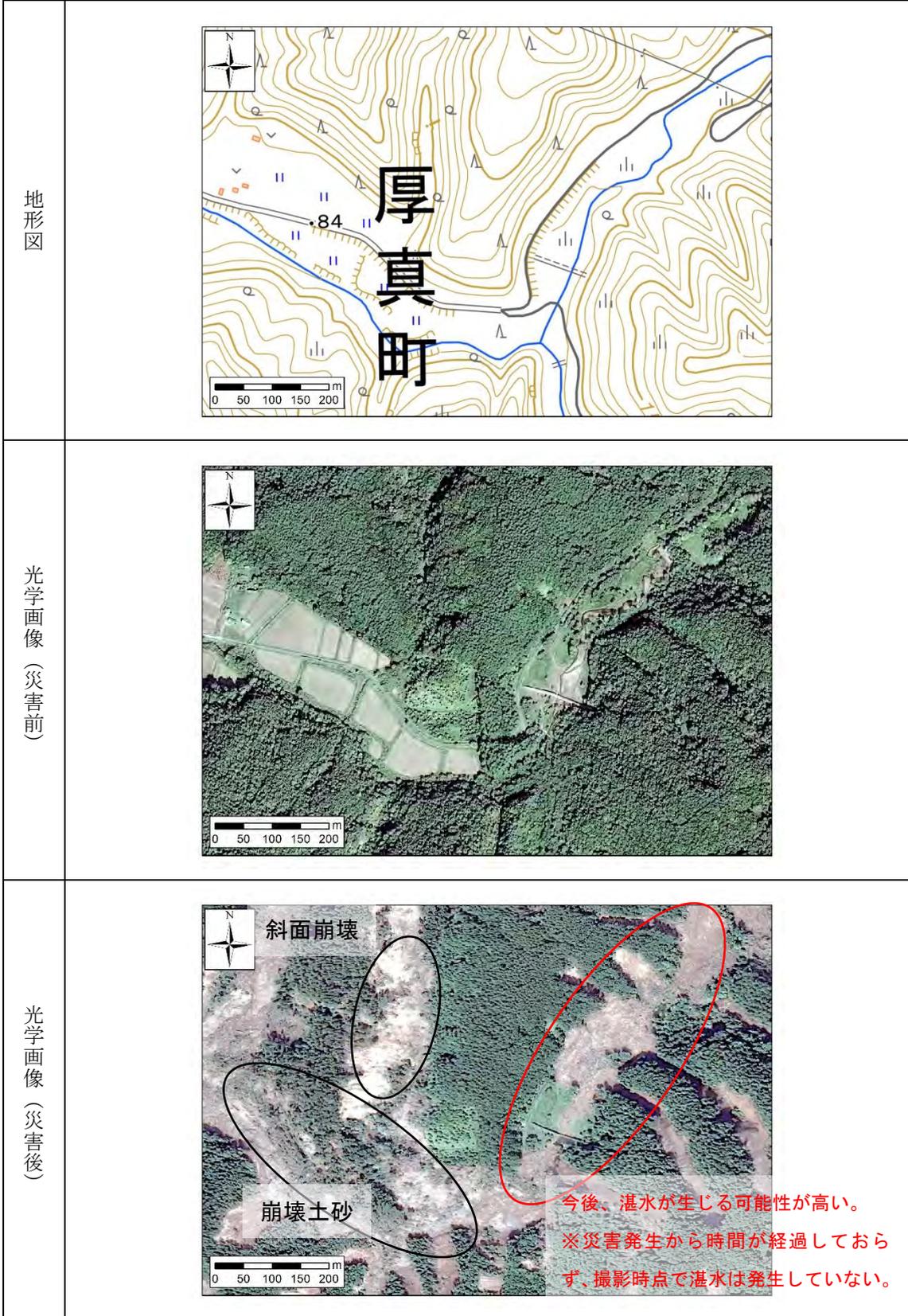


図 3-23 河道閉塞による湛水（天然ダム）の事例

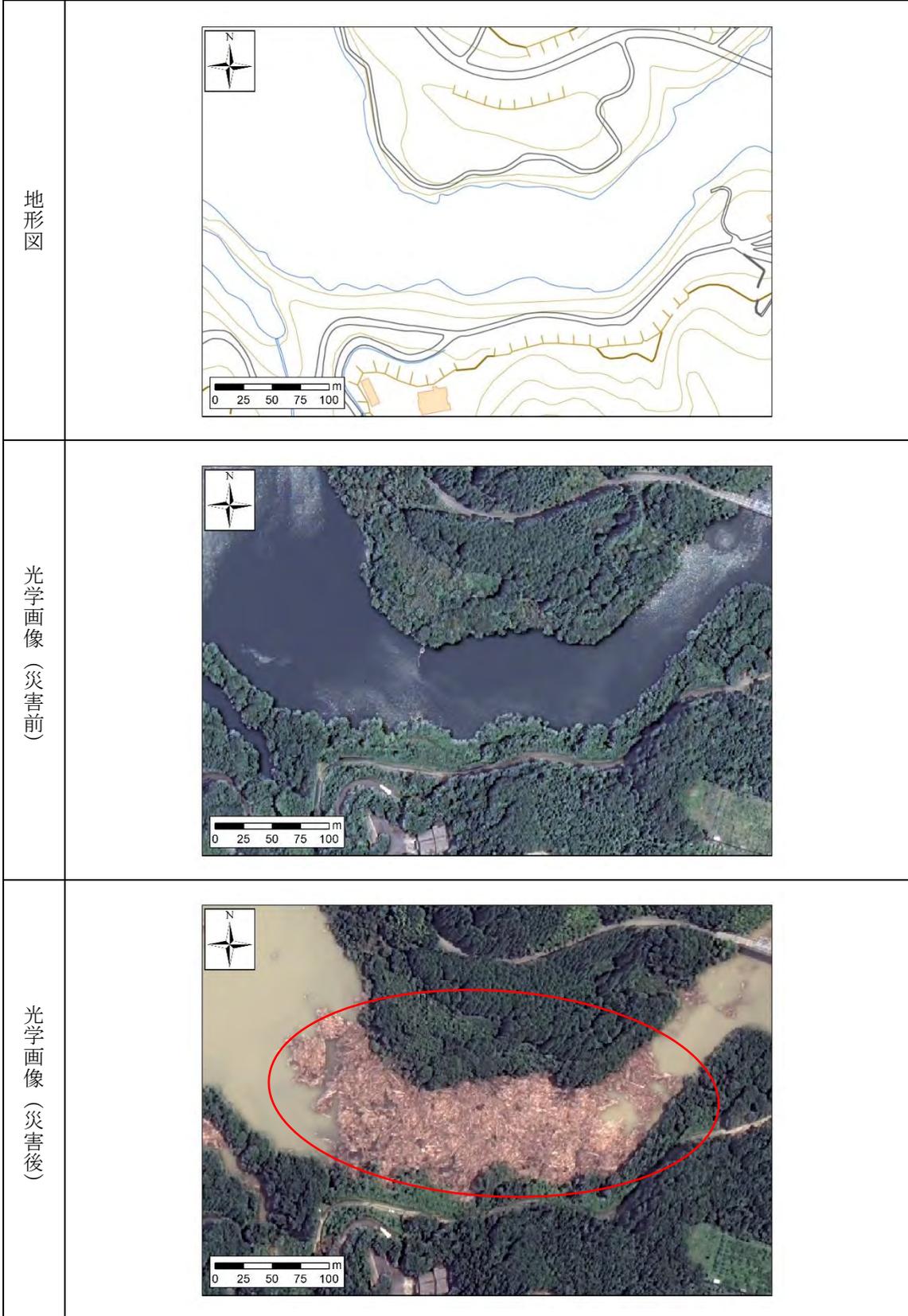


図 3-24 流木等の漂流の事例

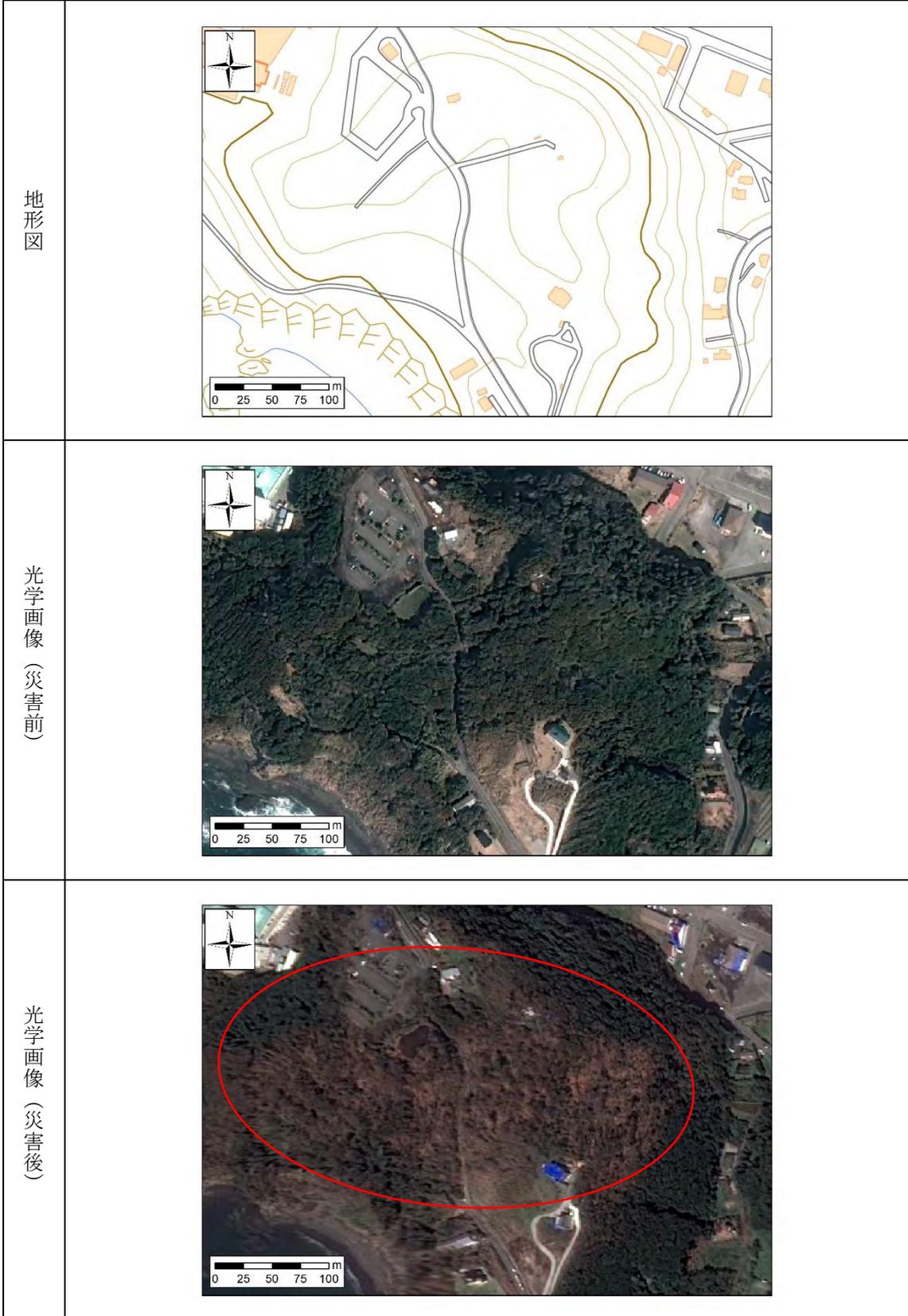


図 3-25 風倒木の事例

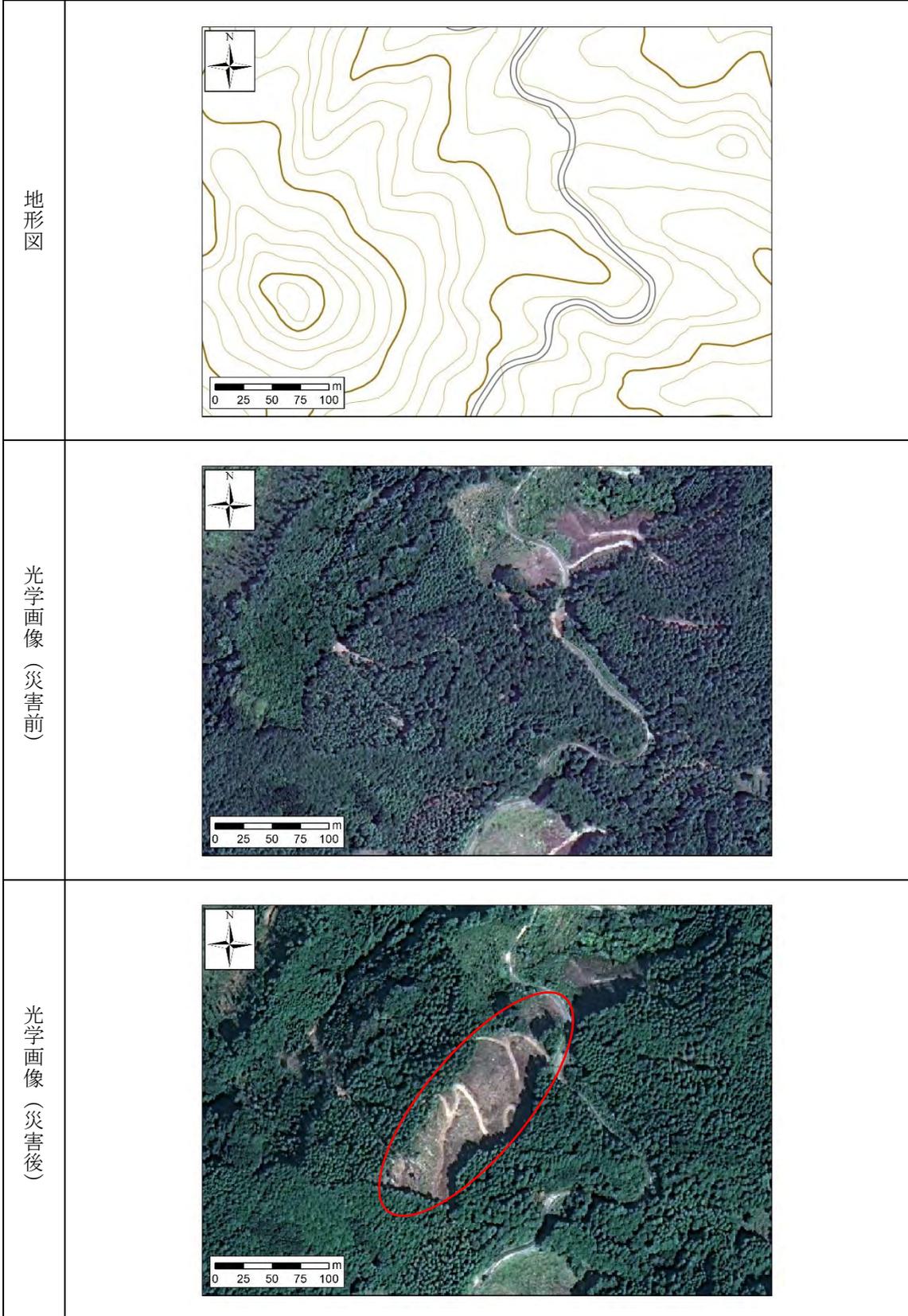


図 3-26 伐採の事例

(2) 判読結果の精度検証

平成29年7月九州北部豪雨及び平成30年7月豪雨における斜面崩壊（山腹崩壊、地すべり、土石流及び崩壊土砂の堆積）を対象に、判読結果の精度検証を実施した。判読方法については、地形図と災害前後の光学画像を使用した場合と、地形図、災害前後の光学画像に加えてSAR画像を使用した場合（3.1.2で判読したステップ2の判読ポリゴンをマージ）の2通りを比較した。

精度の算出方法は、3.1.2(4)に示した方法と同様、衛星画像から判読した土砂移動範囲を示す「判読ポリゴン」と外部機関により公表されている土砂移動範囲を示す「検証ポリゴン」を使用し、適合率と再現率を計算した。

前述の表 3-4 に、本項の判読による精度を追記した結果を表 3-10 に示す。適合率は、3.1.2 で実施した「地形図+SAR 画像+災害前光学画像」と比べて、災害前後の光学画像を使用した場合でもほとんど変化がなかった。このことから、災害前光学画像を参照しながらSAR 画像を判読した場合と、災害後の光学画像を判読した場合のいずれにおいても誤判読は比較的少なく、判読箇所において斜面崩壊が発生している可能性が高いことが示唆される。再現率は、「地形図+SAR 画像」と「地形図+SAR 画像+災害前光学画像」の場合と比べて、災害後の光学画像を使用することで大きく改善し、判読漏れを低減することができた。しかし、いずれの災害においても再現率は50%未満であることから、依然として衛星画像では判読困難な斜面崩壊が実際には発生していることが分かる。

また、検証ポリゴンを面積が1ha以上のものに絞って精度を計算した結果、災害後の光学画像を使用した場合の再現率は、いずれの災害においても90%近くまで向上した。このことから、1ha以上のような比較的規模の大きな崩壊地であれば、光学画像でも漏れが少なく抽出できていると考えられる。なお、適合率については、1ha未満の検証ポリゴンと重なる小規模な判読ポリゴンが誤判読として判定されることから低下している点に留意を要する。

さらに、判読・検証ポリゴンともに1ha以上のものに絞った場合、適合率が比較的高水準となったことから、1ha以上の面積の判読ポリゴンは誤判読が少なく、実際に崩壊が発生している箇所を判読している可能性が高いことが明らかになった。一方、判読・検証ポリゴンともに1ha以上のものに絞った場合の再現率は、前述の検証ポリゴンのみ1ha以上のものに絞った場合の再現率と比べて低下した。このことから、実際に発生した1ha以上の崩壊地が1ha未満の崩壊地として判読されている場合があることが明らかになった。これは、崩壊地の一部が木の陰等に隠れて画像上で視認できない場合、該当部分を崩壊地として判読できず判読ポリゴンが不連続となることで1つの判読ポリゴンとしての面積が小さくなり、1ha以上の崩壊地が1ha未満の複数の崩壊地として判読されることに起因していると考えられる（図 3-27）。

以下に、光学衛星画像を用いた山地災害の判読精度に影響を与える要因をまとめた。

- 撮影時の雲によって崩壊地を視認できない場合がある。

- 樹木の陰に分布するような崩壊地の視認が困難な場合がある。
- 斜め方向から撮影される場合に、崩壊地の斜面の向きによって視認性が低下する場合がある。また、正射投影時の位置ずれにより実際の崩壊地の位置と合わない場合がある。
- 発災から撮影までに時間が経過している場合、道路等では土砂が撤去されていることがある。

表 3-10 判読精度の算出結果

対象災害	判読エリア	判読方法	全ポリゴン					1ha以上の検証ポリゴン					1ha以上の判読・検証ポリゴン					検証データ出典		
			判読ポリゴン数	重複ポリゴン数(判読ポリゴンのうち)	適合率	検証ポリゴン数	重複ポリゴン数(検証ポリゴンのうち)	再現率	判読ポリゴン数	重複ポリゴン数(判読ポリゴンのうち)	適合率	検証ポリゴン数	重複ポリゴン数(検証ポリゴンのうち)	再現率	判読ポリゴン数	重複ポリゴン数(判読ポリゴンのうち)	適合率		検証ポリゴン数	重複ポリゴン数(検証ポリゴンのうち)
平成30年7月豪雨	地形図 + SAR画像	判読フローステップ1	191	172	90%	900	230	26%	191	74	39%	26	17	65%	20	13	65%	26	11	42%
		判読フローステップ2	184	169	92%	900	228	25%	184	73	40%	26	17	65%	19	12	63%	26	10	38%
	広島県安芸郡坂野町、府中町、熊野町、油田町	地形図 + SAR画像 + 災害前光学画像	480	445	93%	900	349	39%	480	173	36%	26	23	88%	6	6	100%	26	5	19%
		地形図 + SAR画像 + 災害前後光学画像	456	415	91%	900	416	46%	456	147	32%	26	23	88%	33	23	70%	26	15	58%
平成29年7月九州北部豪雨	地形図 + SAR画像	判読フローステップ1	75	31	41%	219	23	11%	75	4	5%	9	7	78%	12	4	33%	9	4	44%
		判読フローステップ2	48	29	60%	219	22	10%	48	4	8%	9	7	78%	6	4	67%	9	4	44%
	福岡県朝倉郡東峰村	地形図 + SAR画像 + 災害前光学画像	155	96	62%	219	88	40%	155	7	5%	9	8	89%	8	6	75%	9	6	67%
		地形図 + SAR画像 + 災害前後光学画像	169	100	59%	219	90	41%	169	10	6%	9	8	89%	11	7	64%	9	7	78%

※1つの判読ポリゴンが複数の検証ポリゴンと重複することがあり、重複ポリゴン数(検証ポリゴンのうち)が判読ポリゴン数を超える場合がある。

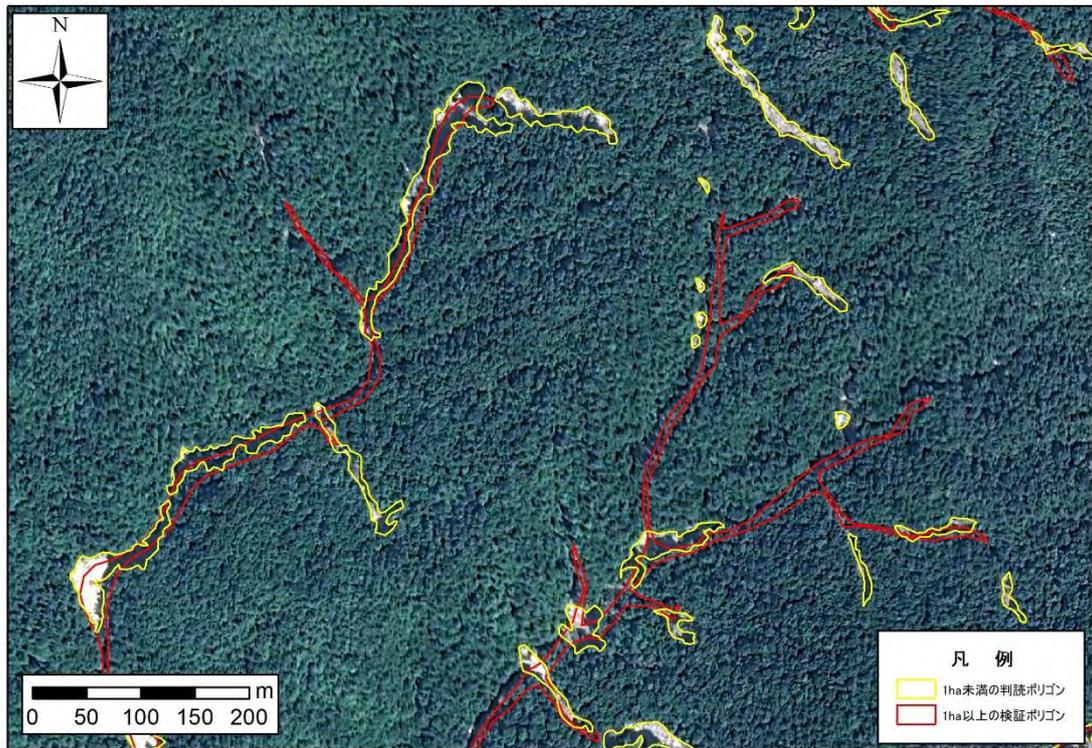


図 3-27 判読ポリゴンが不連続となる事例

3.3 森林荒廃面積の把握による林野関係被害把握手法検討

3.3.1 対象箇所を選定

表 3-2 に示す ALOS-2 打ち上げ以降に発生した主な災害より、特に、平成 29 年 7 月九州北部豪雨、平成 30 年 7 月豪雨、平成 30 年北海道胆振東部地震及び令和元年房総半島台風のうち、3.1 及び 3.2 で調達した画像範囲内で森林荒廃面積・林道被害状況が確認できる箇所を選定した。

3.3.2 資料収集・相関関係の算出

3.3.1 で選定した箇所において、森林荒廃箇所及び林道被害額に関する情報（復旧計画概要書及び災害査定に関する書類）を収集し、被災地域における森林荒廃箇所と林道被害額との関係を算出した。

算出方法は以下の通りである。

- (ア)GIS 上で査定説明表に記載された林道のラインデータを作成する。
- (イ)査定説明表に記載された被害箇所およびそれぞれの被害延長および被害額を（ア）で作成したラインデータに入力する。
- (ウ)3.2.2 で調達した検証ポリゴンを正解データとし、（ア）で作成したラインデータを重ね合わせ、重なった部分を推定被害箇所、推定被害箇所の長さを推定被害延長として計測する。
- (エ)（イ）で入力した林道ごとの被害額と（ウ）で算出した推定被害箇所および推定延長との相関係数を計算する。

計算の結果、林道ごとの被害額と推定被害箇所および推定被害延長から得られた相関係数を以下の表 3-11 に示す。また、特に相関係数が高くなった合計被害金額と推定被害延長との関係を図 3-28 および図 3-29 に示す。

表 3-11 林道ごとの被害額と推定被害箇所および推定被害箇所との相関係数

対象災害	推定被害箇所数	推定被害延長
平成 29 年 7 月九州北部豪雨	0.52	0.82
平成 30 年 7 月豪雨	0.73	0.91

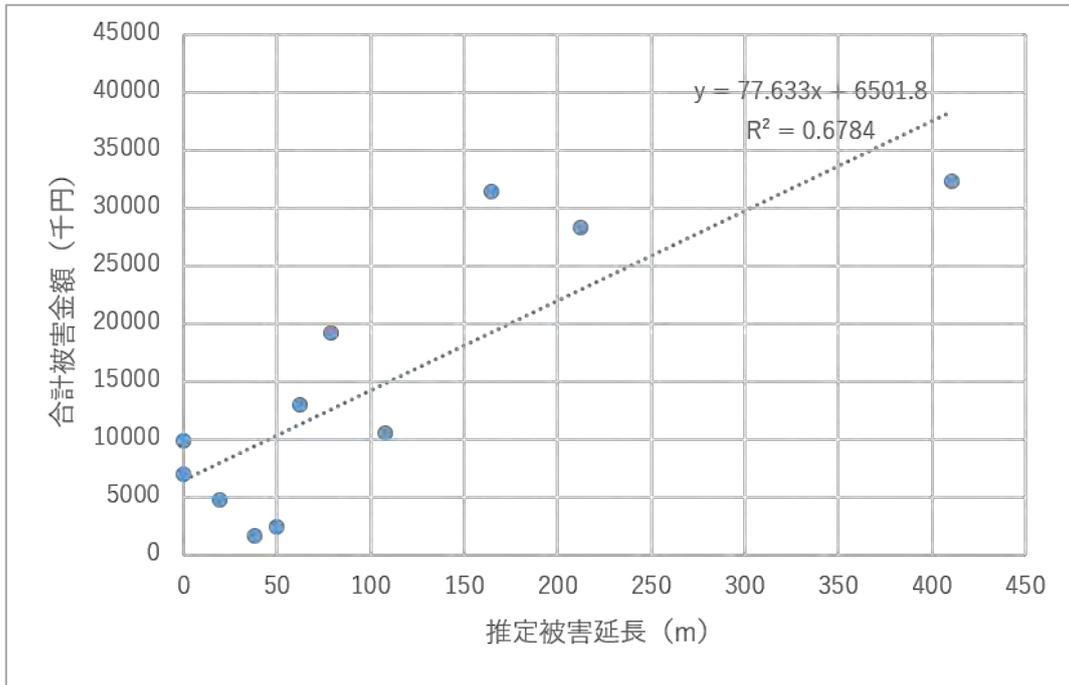


図 3-28 平成 29 年 7 月九州北部豪雨における林道被害額と推定被害延長との関係

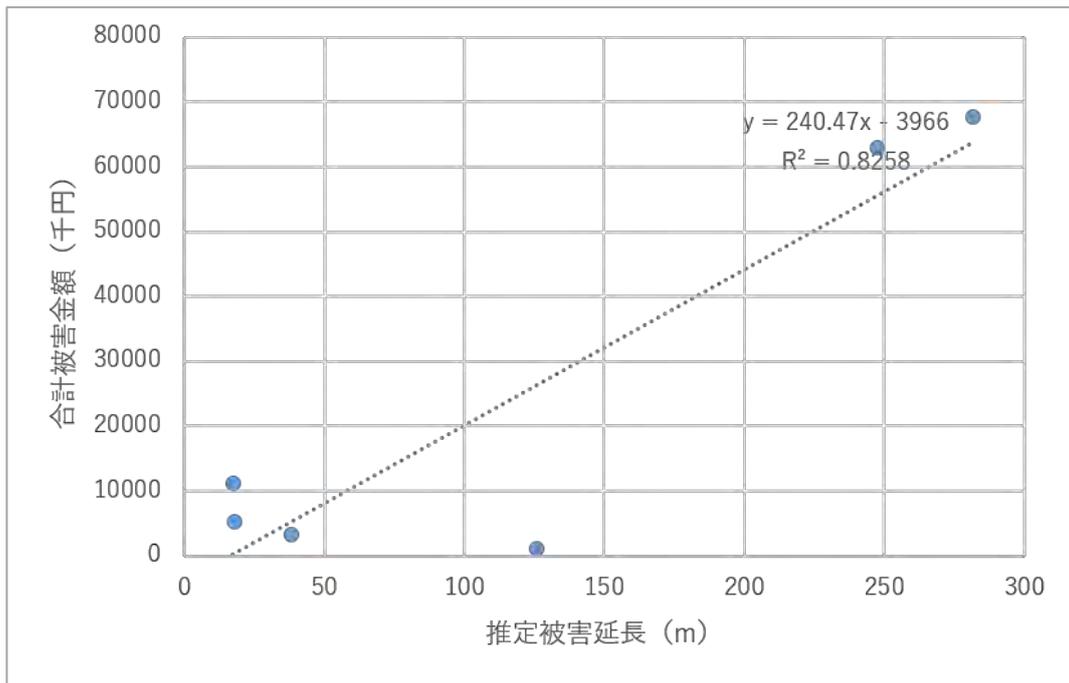


図 3-29 平成 30 年 7 月豪雨における林道被害額と推定被害延長との関係

計算結果より、林道ごとの被害額と推定被害延長には強い相関があり、衛星画像による判読結果は林道被害額の推定に活用できる可能性が高いことが明らかになった。しかし、回帰式の傾きおよび切片が地域によって大きく異なる（図 3-29 および図 3-28）ため、森林荒

廃面積から被害額を推定するには地域ごとに回帰式を調査することが必要であると考えられる。

3.3.3 ALOS-3 相当光学画像を用いた判読結果の適用可能性の検討

3.2.2 で作成した判読データを用いて 3.3.2 と同様に合計被害金額と推定被害延長との相関関係を調査することで、ALOS-3 を用いた判読結果を林道被害額の推定に活用する可能性について検討した。

相関係数の算出結果は以下の表 3-12、図 3-30 および図 3-31 に示す。

表 3-12 林道ごとの被害額と推定被害延長との相関係数の比較

対象災害	正解データから得られた相関係数	ALOS-3 相当画像を用いた判読結果から得られた相関係数
平成 29 年 7 月九州北部豪雨	0.82	0.72
平成 30 年 7 月豪雨	0.91	0.81

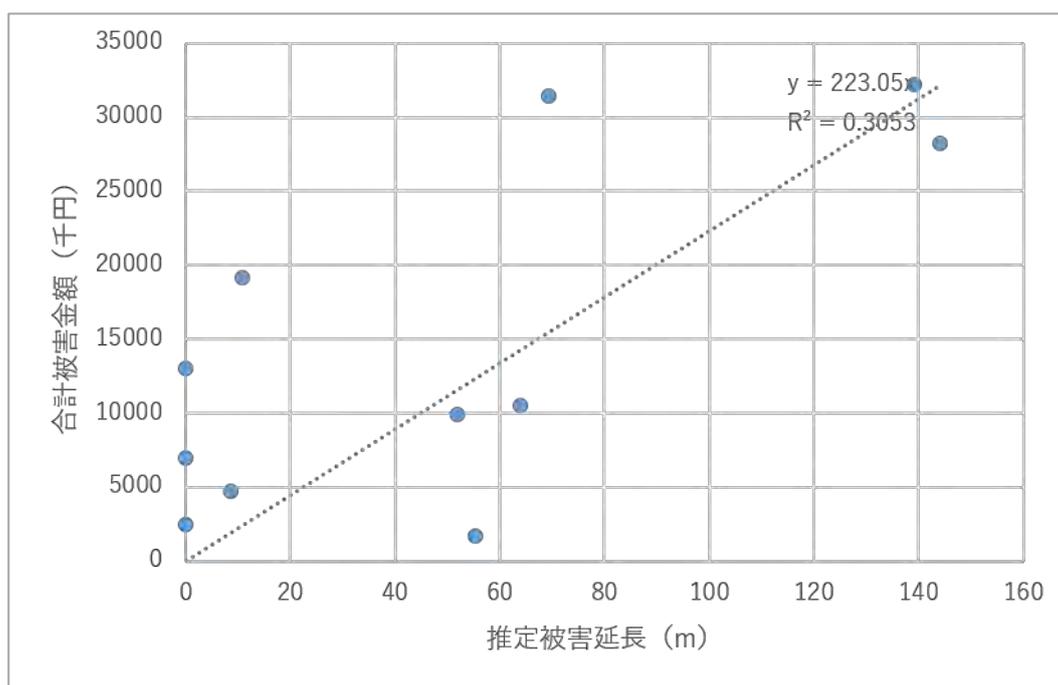


図 3-30 ALOS-3 相当画像を用いた判読結果から得られた平成 29 年 7 月九州北部豪雨における林道被害額と推定被害延長との関係

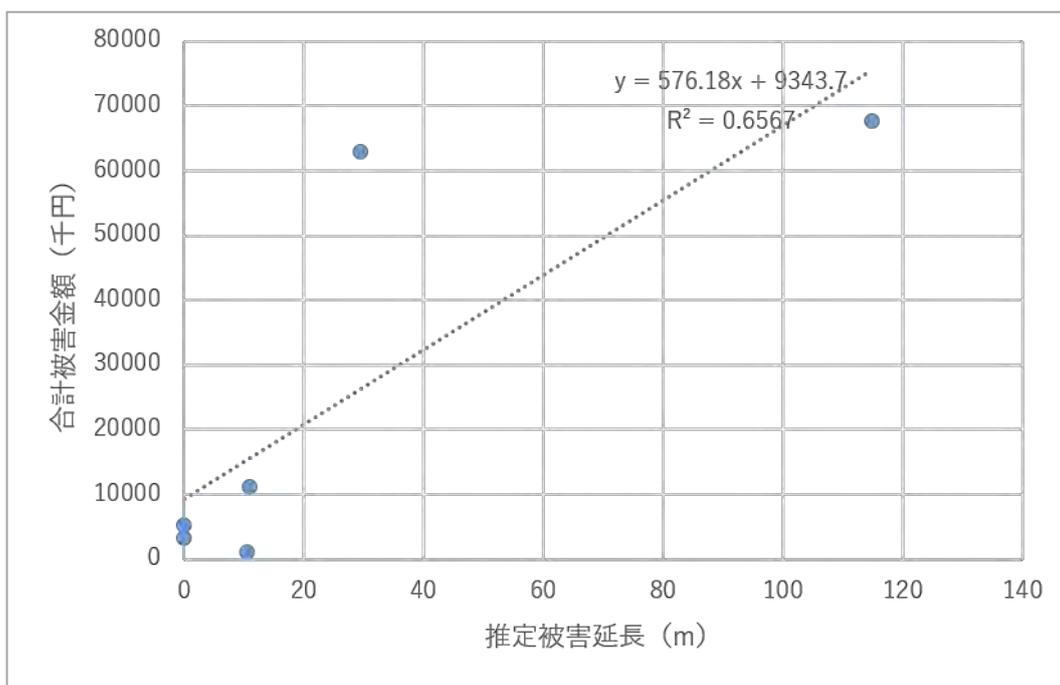


図 3-31 ALOS-3 相当画像を用いた判読結果より得られた平成 30 年 7 月豪雨における林道被害額と推定被害延長との関係

計算結果から、いずれの地域においても相関係数が大きくなっていったため、ALOS-3 を用いた判読結果も正解データと同様に林道被害額の推定に活用できる可能性があることが明らかになった。

正解データおよび ALOS-3 相当画像を用いた判読結果より得られた相関係数はどちらも平成 29 年 7 月北九州北部豪雨のものが平成 30 年 7 月豪雨のものより 0.1 程度小さくなっていった。この結果より、地域による衛星画像の判読のしやすさが被害額の推定に影響を及ぼしている可能性があると考えられる。

3.3.4 SAR 画像を用いた判読結果の適用可能性の検討

SAR 画像は災害発生時の緊急観測に適した観測方式であることから、林道被害額の推定をより迅速に行う材料として SAR 画像を用いた判読結果を活用できる可能性について検討した。

3.1.2(3)で作成したデータを用いて 3.2.2 と同様に推定被害延長と合計被害金額との相関係数を算出した結果を以下の表 3-13、図 3-32 および図 3-33 に示す。

表 3-13 林道ごとの被害額と推定被害延長との相関係数の比較

対象災害	正解データから得られた相関係数	SAR 画像を用いた判読結果から得られた相関係数
平成 29 年 7 月九州北部豪雨	0.82	-0.02
平成 30 年 7 月豪雨	0.91	0.43

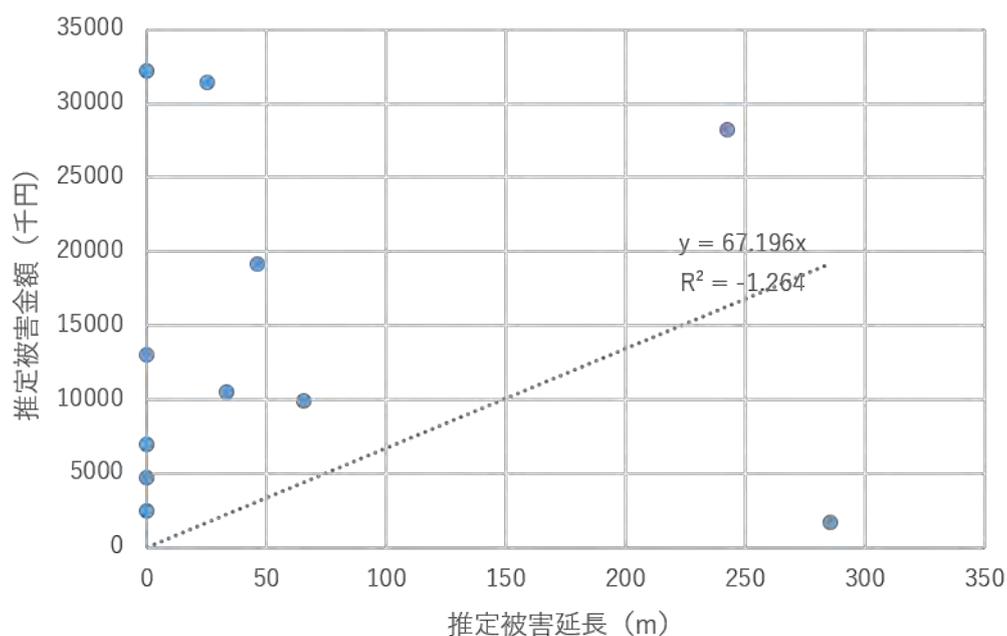


図 3-32 SAR 画像を用いた判読結果より得られた平成 29 年 7 月九州北部豪雨における林道被害額と推定被害延長との関係

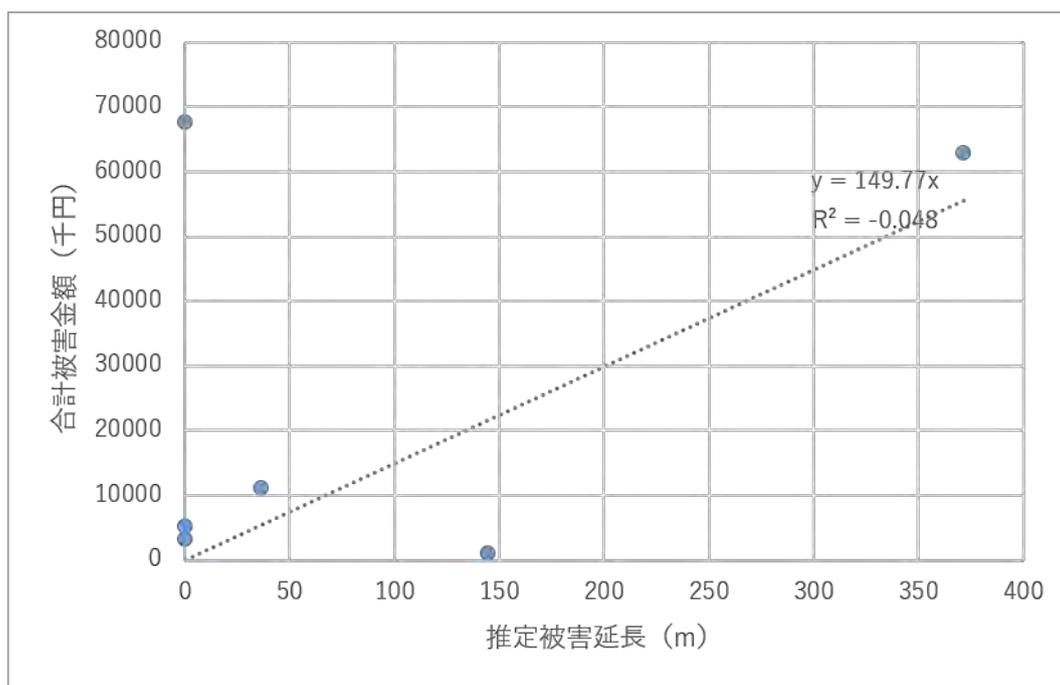


図 3-33 SAR 画像を用いた判読結果より得られた平成 30 年 7 月豪雨における林道被害額と推定被害延長との関係

計算結果から、相関係数はいずれの地域においても小さくなっていたため、SAR 画像を用いた判読結果は林道被害額の推定には直接使用することはできないと考えられた。SAR 画像は撮影原理上、位置ずれが生じやすいため、局所的な崩壊の分布を判読するには精度が不十分であったことが原因であると考えられる。

3.3.2 および 3.3.3 の結果より、人工衛星による観測結果を用いた林道被害額の推定は災害前後の光学画像が入手できている状況では有効であり、災害後の SAR 画像と災害前の光学画像しか入手出来ていない状況では有効でないということが明らかになった。そのため、災害発生時は (1) 災害発生直後に撮影された SAR 画像より大まかな被災地を特定する。(2) 被災地の天候が回復した時点で光学画像を撮影し、推定された被災額から激甚災害指定の可否を決定する。(3) SAR 画像および光学画像による判読結果から要対応箇所を特定し、より詳細な調査を行う。という順序による対応が適切であると考えられる。

3.4 新たな衛星技術を活用した山地災害対応の検討

ALOS-3 の災害時観測に関する情報を収集し、災害時の活用に向けた展望及び課題を整理した。また、光学衛星である ALOS-3 に加えて、現行の ALOS-2 や今後運用開始予定の ALOS-4 といった SAR 衛星の併用についても検討した。さらに、災害時の衛星利用に係る協定内容について検討を行った。

3.4.1 ALOS-3 の山地災害への活用検討

ALOS-3 の災害時観測に関する情報を整理し、ALOS-3 の山地災害への活用に向けて、過去の山地災害に光学衛星画像を適用した事例を収集した。

(1) ALOS-3 の特徴

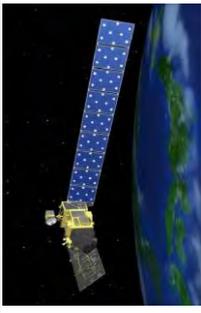
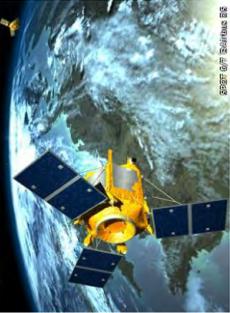
ALOS-3 を含む主要な光学衛星の諸元を表 3-14 に示す。ALOS-3 は JAXA が 2006 年に打ち上げた「だいち(ALOS)」(2011 年に運用終了)の光学観測ミッションを引き継ぐ地球観測衛星であり、国内外の全球の陸域を継続的に観測する。観測データは、災害時や防災時の活動に役立てられるほか、地理空間情報の整備・更新、沿岸域や植生域の環境保全への利用・研究など様々な分野での活躍が期待されている。ALOS-3 には、ALOS と比べて以下の特徴がある。

- 同じ観測幅(直下 70km)で解像度が 3 倍以上(直下 2.5m から 0.8m)に向上している。
- 観測バンドにコースタルとレッドエッジが追加されている。
※コースタルは沿岸域、レッドエッジは植生域の観測に有効。
- 日本国内で 35 日周期での継続した観測計画があり、災害時に比較的最近の画像と比較ができる。また、経年変化の把握も可能である。
- 直下観測を基本とするため、高い位置精度を持つ。また、樹木などで陰になっている崩壊地を見つけやすい可能性がある。

以上のように、ALOS-3 は災害利用に優れた衛星であるが、使用にあたっては以下のような課題があるため、留意が必要である。

- 被雲がある場合や夜間では地表面を観測することができない。
- 入射角が大きい場合、影の影響で視認性が悪くなる。

表 3-14 主要な光学衛星の諸元

衛星名	外観	バンドの種類	分解能	観測幅	周期	備考
先進光学衛星「だいち3号」 (ALOS-3)		<ul style="list-style-type: none"> ・バンクロ : 0.52~0.76μm ・マルチバンド (カラー) バンド1 : 0.40~0.45μm (コースタル) バンド2 : 0.45~0.50μm (青) バンド3 : 0.52~0.60μm (緑) バンド4 : 0.61~0.69μm (赤) バンド5 : 0.69~0.74μm (レッドエッジ) バンド6 : 0.76~0.89μm (近赤外) 	<ul style="list-style-type: none"> ・バンクロ : 0.8m ・マルチバンド : 3.2m 	70km	35日	定期観測
陸域観測技術衛星「だいち」 (ALOS)		<ul style="list-style-type: none"> ・バンクロ : 0.52~0.77μm ・マルチバンド (カラー) バンド1 : 0.42~0.50μm (青) バンド2 : 0.52~0.60μm (緑) バンド3 : 0.61~0.69μm (赤) バンド4 : 0.76~0.89μm (近赤外) 	<ul style="list-style-type: none"> ・バンクロ : 2.5m ・マルチバンド : 10m 	70km	46日	定期観測
Pleiades-HR (1A / 1B)		<ul style="list-style-type: none"> ・バンクロ : 0.48~0.82μm ・マルチバンド (カラー) バンド1 : 0.45~0.53μm (青) バンド2 : 0.51~0.59μm (緑) バンド3 : 0.62~0.70μm (赤) バンド4 : 0.78~0.92μm (近赤外) 	<ul style="list-style-type: none"> ・バンクロ : 0.5m ・マルチバンド : 2.8m 	20km	4日	衛星コンステレーション
SPOT 6,7		<ul style="list-style-type: none"> ・バンクロ : 0.46~0.75μm ・マルチバンド (カラー) バンド1 : 0.46~0.53μm (青) バンド2 : 0.53~0.59μm (緑) バンド3 : 0.63~0.66μm (赤) バンド4 : 0.76~0.89μm (近赤外) 	<ul style="list-style-type: none"> ・バンクロ : 1.5m ・マルチバンド : 6.0m 	60km	1日	衛星コンステレーション

(2) 光学衛星画像の山地災害への活用事例

ALOS-3 の山地災害への活用に向けて、過去の山地災害に光学衛星画像を適用した事例を収集した。

① 光学衛星画像による大規模崩壊の土砂移動状況の経年把握

水野ほか(2013)は、光学衛星を複数種類用いて、インドネシアの大規模山地崩壊の崩壊前後及びその後の土砂流出による地形変化を把握した。衛星画像を 2 枚以上の異なる方向から撮影し、視線方向差を解析することで、3 次元座標を計測し、複数時期における DEM (Digital Elevation Model : 数値標高モデル) を作成した (図 3-34)。時系列的に DEM を比較することで、崩壊後斜面の継続的な侵食等の土砂移動の経年変化を詳細に把握した。

② NDVI 及び教師付き分類を用いた斜面崩壊の検出

石出ほか(2010)は、地震前後の ALOS/AVNIR-2 光学衛星画像を用いて、2008 年に岩手・宮城内陸地震を対象に斜面崩壊の検出を行った。斜面崩壊の検出方法として、NDVI (正規化植生指標) と教師付き分類の 2 つを実施した (図 3-35)。目視判読結果と画像解析結果を比較したところ、全体の斜面崩壊箇所数のうち、NDVI による検出では約 66.5%、教師付き分類による検出では約 68.6%の崩壊箇所を検出することができた。

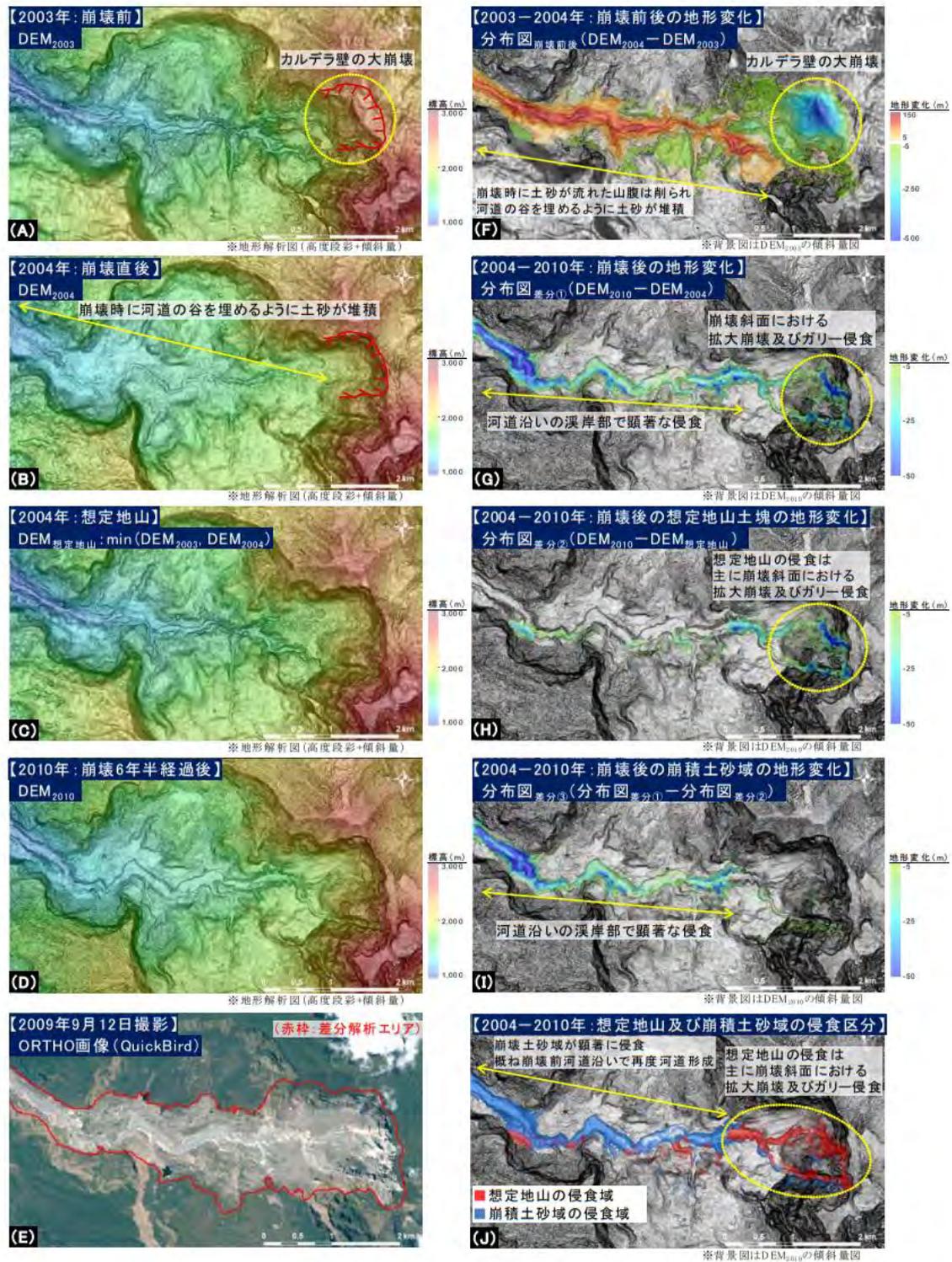
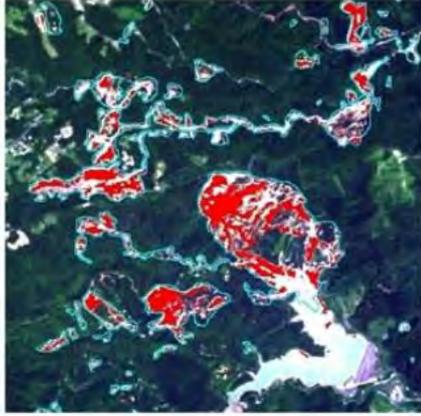
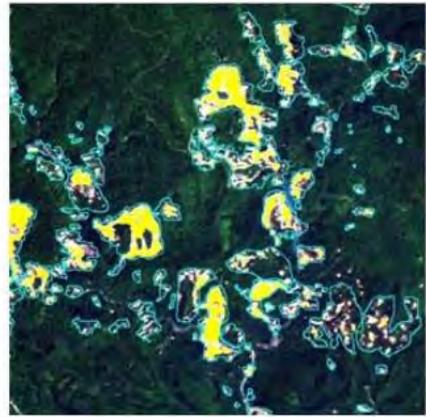


図 3-34 光学衛星による時系列 DEM 及び経年変化 (水野ほか、2013)



荒砥沢ダム周辺の抽出結果（赤:NDVI法, 黄:教師付き分類, 青:目視判読結果）



湯ノ倉温泉周辺の抽出結果（赤:NDVI法, 黄:教師付き分類, 青:目視判読結果）

図 3-35 傾斜度 10 度未満のピクセルを除去後の斜面崩壊の抽出結果
(石出ほか、2010)

3.4.2 SAR 衛星の山地災害への活用検討

ALOS-3 は光学衛星であり、豪雨災害時の雲が多い状況や夜間における観測が困難であることから、現行の ALOS-2 や今後運用開始予定の ALOS-4 といった SAR 衛星の併用を検討した。SAR 衛星の活用にあたっては、3.1 で使用した二時期カラー合成画像のほか、干渉 SAR 解析や複数の偏波を用いた解析手法についても検討を行った。

(1) ALOS-4 の特徴

ALOS-4 は、「だいち (ALOS)」、「だいち 2 号 (ALOS-2)」の SAR 観測ミッションを引き継ぐ地球観測衛星である。ALOS-4 のミッション目的は地殻・地盤変動の監視、災害状況把握、森林観測、海氷監視、船舶動静把握、インフラ変異モニタ等多岐に渡り、ALOS、ALOS-2 と同様に「基本観測シナリオ (Basic Observation Scenario; BOS)」に基づいた観測を実行する。ALOS-2 と ALOS-4 の諸元を表 3-15 に示す。ALOS-4 は従来機である ALOS-2 と同じ空間分解能 (直下 3m) を維持したまま観測幅を 4 倍 (200km) に拡大し、観測頻度は ALOS-2 の 5 倍 (2 週に 1 回の頻度) に向上している。

表 3-15 ALOS-2 及び ALOS-4 の諸元

衛星名	外観	周波数帯	分解能	観測幅	観測頻度	備考
先進レーダ衛星「だいち4号」 (ALOS-4)		Lバンド	スポットライトモード(Spotlight) : 1m x 3m 高分解能モード(Stripmap) : 3m・6m・10m 広域観測モード(ScanSAR) : 25m	スポットライトモード(Spotlight) : 35km 高分解能モード(Stripmap) : 100-200km 広域観測モード(ScanSAR) : 700km	年20回	定期観測
陸域観測技術衛星2号「だいち2号」 (ALOS-2)		Lバンド	スポットライトモード(Spotlight) : 1m x 3m 高分解能モード(Stripmap) : 3m・6m・10m 広域観測モード(ScanSAR) : 100m	スポットライトモード(Spotlight) : 25km 高分解能モード(Stripmap) : 50-70km 広域観測モード(ScanSAR) : 350km	年4回	定期観測

(2) SAR 画像の主な解析手法

SAR 衛星から入手可能な SAR 画像にはさまざまな解析手法があり、目的や緊急度に応じた使い分けが必要となる。以下、SAR 画像を活用した主な解析手法について述べる。

① 一時期短偏波観測

衛星から照射されたマイクロ波の反射波を受信し、得られた後方散乱強度の情報を用いて、後方散乱強度の大小の違いを白から黒色のグレースケールで画像化する。一時期単偏波観測とはいわゆる一般的な単時期の SAR 画像を指す。

例えば水面の場合、前方散乱が大きくなる表面散乱（鏡面反射）を起こし、後方散乱がほとんど得られないため、画像上では黒色に表示される。森林の場合は、体積散乱、二重散乱が生じて、後方散乱が大きくなるため、画像上では白く表示される。草地の場合は、森林などより体積散乱、二重散乱は生じないが、水面などより後方散乱は大きくなるため、画像上では灰色に表示される。このように、一時期単偏波観測（単時期の SAR 画像）では、おおよその地形・地表被覆を把握することができる。

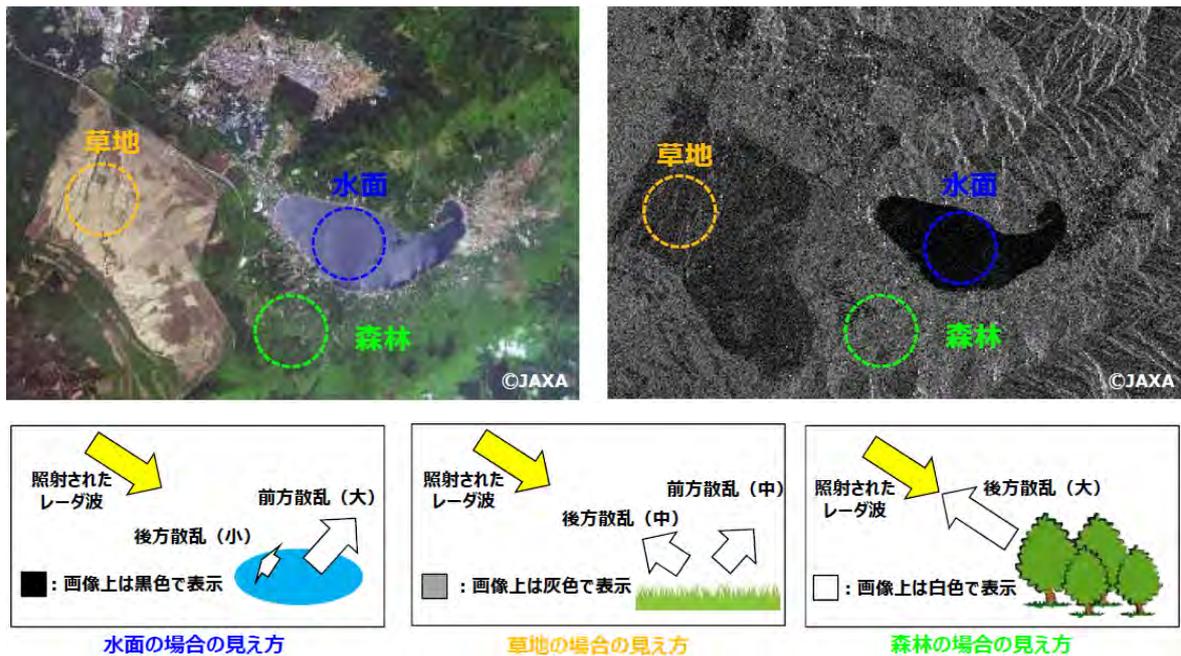


図 3-36 一時期単偏波観測の画像の見え方（宇宙航空研究開発機構・国土交通省，2018）

② 一時期多偏波カラー合成

SAR 衛星から水平偏波 (H) を照射した場合、崩壊地のような裸地等では、主に水平偏波のまま強く反射し、森林等では、立体構造の影響により、一部が回転して垂直偏波 (V) として反射するといったように、それぞれの地物によって反射される偏波の特性が異なる。そのため、ライク偏波 (HH, VV) とクロス偏波 (HV, VH) の SAR 画像を組み合わせることで、土地被覆の状態を把握することができる。

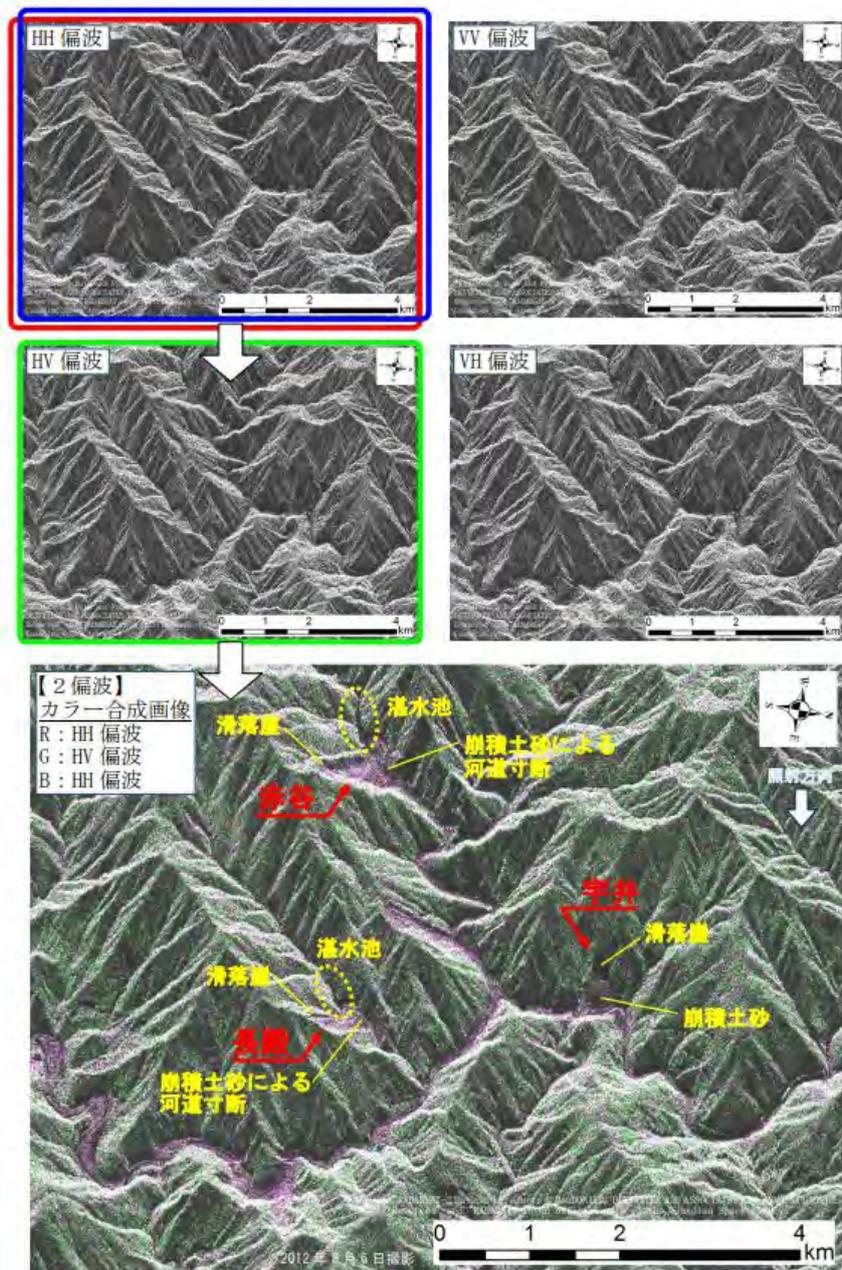


図 3-37 一時期多偏波カラー合成画像の見え方 (水野ほか, 2013)

③ 二時期カラー合成

二時期カラー合成画像は、合成開口レーダー衛星の前時期画像の後方散乱強度の高いことを示す白色部分を赤色に、後時期画像の後方散乱強度の高いことを示す白色部分を青色及び緑色に着色し、合成することで作成する（図 3-38）。二時期カラー合成画像上で赤色に表される場合は、前時期の後方散乱強度に対して、後時期の後方散乱強度が低下したことを示す。水色に表される場合は、前時期の後方散乱強度に対して、後時期の後方散乱強度が増加したことを示す。このように二時期間の地表被覆の変化に伴う後方散乱強度の増減を視覚的に把握することができる。

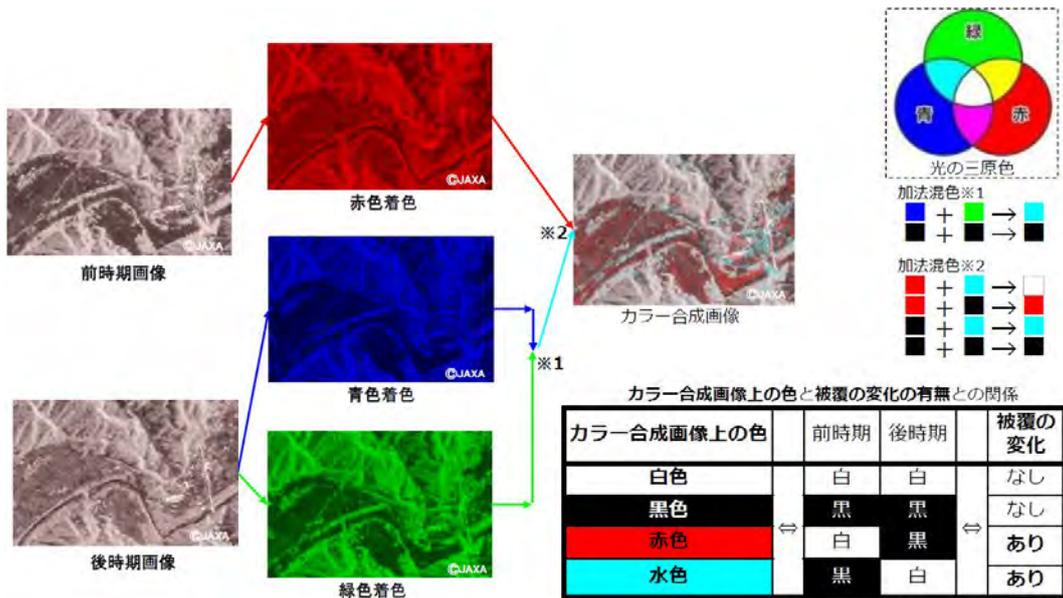


図 3-38 二時期カラー合成画像の作成方法（宇宙航空研究開発機構・国土交通省，2018）

④ 干渉 SAR 解析

干渉 SAR 解析とは、同じ場所を観測した 2 時期の合成開口レーダーのデータの位相によって地表面の標高（高さ）や微小な変位を観測する技術である。SAR は衛星と対象との距離を記録するのではなく、受信信号の 1 周期における位置（位相）を記録する。そのため、衛星と対象との距離が変化しないならば、1 時期目と 2 時期目の位相に変化はないため、位相差は 0 となる。対象が移動した場合、移動後の 2 時期目に観測した位相は変化するため、移動前後の観測データ間の位相差を計算すると、対象の移動量に応じた位相差が算出される。干渉 SAR 解析は、この位相差を算出することで対象の変位量を求めることができる。

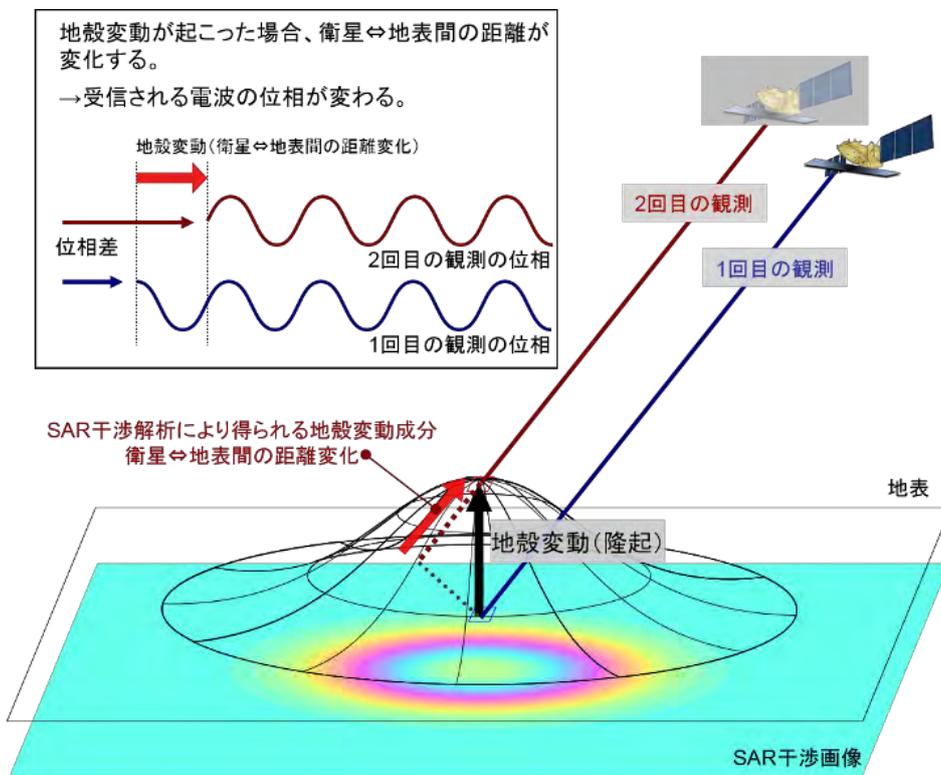


図 3-39 干渉 SAR 解析の概念（国土地理院 HP より引用）

⑤ コヒーレンス解析

SAR 画像解析におけるコヒーレンスとは、同じ場所を観測した 2 枚の SAR 画像（のある領域）に含まれる画素（強度と位相の情報が含まれる）同士の相互相関を表す。地表面被覆に変化がない場合は、相関が高い状態が保たれるが、地表面被覆に何らかの変化が生じた場合に相関（コヒーレンス値）は低下する可能性が高い。したがって、コヒーレンスが低下した範囲を検出（コヒーレンス解析）することによって、地表面被覆の変化箇所を把握することができる。例えば、火山噴火後の前後画像のコヒーレンスをみることで、降灰範囲等の推定に用いられている（水野ほか，2020）。

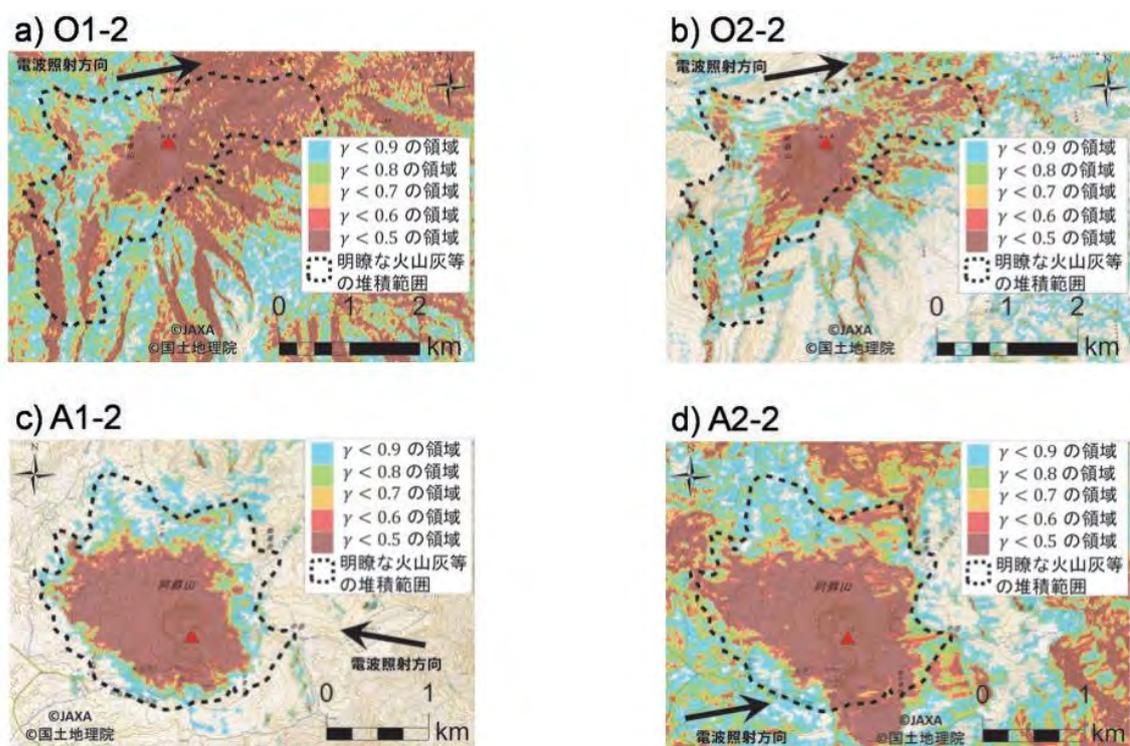


図 3-40 コヒーレンス解析による降灰範囲推定の事例（水野ほか，2020）

(3) SAR 衛星画像と光学衛星画像との併用について

3.2.2 で検討した判読結果の精度検証（表 3-10）より、SAR 画像と地形図のみの組み合わせにおいても災害によっては適合率が高くなるものの、再現率はいずれの災害でも 30%未満と低い状態であった。しかしながら、災害後光学画像を組み合わせることで、再現率は大きく改善することが確認できた。このように、災害状況の把握には SAR 画像と光学画像を組み合わせる必要があるが、被雲の影響等により光学画像は災害後すぐに入手することができない可能性がある。そこで、図 3-41 に示すような SAR 画像と光学画像の併用を考える。豪雨等が発生した時、まず ALOS-2 や ALOS-4 などの SAR 衛星の利点である緊急観測を生かして迅速な被害の全体像の把握を行う。続いて、ALOS-3 などの光学衛星によって光学画像が撮影された段階で、光学画像の判読を行うことで、要対処箇所の特特定を行う。その後、対処が必要である箇所について航空機やヘリ、地上調査を行うことで、被害状況の詳細な把握が可能になると考えられる。



図 3-41 SAR 画像と光学画像との併用の検討

3.4.3 災害時の衛星利用に係る協定内容の検討

2023年3月2日(木)にJAXAにおいて、災害時の衛星利用に係る協定内容について下記の表3-16の出席者により検討を行った。

表 3-16 協定内容に関する打合せ出席者

所属名	出席者
国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構	主幹研究開発員：川北、研究開発員：橋口 主任研究開発員：田中、ALOS-2 プロマネ：祖父江 その他 WEB での出席 3 名
農林水産省 林野庁 業務課	企画官：山内、課長補佐：田村、災害対策係長： 水村、災害調整係長：須永
農林水産省 林野庁 治山課	山地災害対策室長：門脇
株式会社 パスコ	課長：柴山、丸山、足達、坂田

林野庁より表 3-17 の協定書案をもとに JAXA に対して、現行の ALOS-2 のデータを活用に関する協定書に ALOS-3 に関する内容を追記することを伝えた。

また、農林水産省は、役割分担としてこれまで通り地方自治体での衛星データ利用の推進を図るとともに、本事業で作成した判読ガイドブックを地方自治体に提供して研修などにより判読能力の向上を図ることを新たに役割として担うこと、さらに、JAXA には従前どおり衛星データの利活用に関する助言、データ提供並びに講師の派遣をお願いする旨を記載することを伝えた。

また、ALOS-2 では年間 50 シーンの画像提供となっていたが、ALOS-3 におけるデータ提供の単位や数量についての質問があった。

林野庁からの意見と質問について JAXA からは、林野庁からリクエストを受けた上で、防災インターフェイスからデータを提供すること、緊急観測であれば、撮影面積の制限はないとの返答があった。

なお、緊急観測以外の利用では 1 万 km²/年度が無償利用の上限となり、上限を超えた場合は、最小購入単位 25 km² (形状は任意の多角形で良い) での購入となること、松くい虫被害など、防災に資するものであれば 1 万 km²/年度として利用できることが伝えられた。

但し、防災目的で 1 万 km²/年度を使用する場合は、検証結果を示す必要があることが付記された。

表 3-17 協定書案

1. 協定名	農林水産分野における地球観測衛星データ等の利用の推進に関する協定
2. 担当部署	【農林水産省】林野庁国有林部 業務課
	【JAXA】第一宇宙技術部門 衛星運用利用センター
3. データの利用概要	<p>(1) ALOS-2 及び ALOS-3 衛星データによる山地被災状況の把握、及び、ALOS-2 及び ALOS-3 データを活用した山地被災状況や災害発生危険箇所の事前把握等の手法開発利用。</p> <p>(2) 衛星画像等から作成された情報が林野庁の防災業務に恒常的に活用されることを目指した ALOS-2 及び ALOS-3 の有用性の検証</p>
4. 期待される成果	<p>大規模災害発生時における山地の被災状況は、現在、ヘリコプターや職員による現地調査によって把握しているところ、JAXA から提供される ALOS-2 及び ALOS-3 衛星データを活用した把握手法の開発により、迅速、安全、低コストで被災状況を把握し、復旧対策の初動対応を行う際の資料として活用されることで、被災自治体の災害対応業務における衛星画像等の実利用が推進される。</p> <p>また、上記の知見を活用し、災害発生危険箇所を事前に把握する手法など、山地の災害対応の技術を開発。</p>
5. 役割分担	<p>【農林水産省（林野庁）】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ALOS-2 及び ALOS-3 衛星データの利活用による山地被災状況の把握、復旧対策の初動対応 ・ ALOS-2 及び ALOS-3 衛星データの利活用による山地被災状況の把握、災害対応の技術開発 ・ ALOS-3 衛星データの利活用による東日本大震災からの復興に松くい虫被害監視を実施する ・ 林野庁及び地方公共団体の職員の衛星画像等の活用能力の向上を図る ・ 必要に応じて、衛星画像等を用いた災害解析結果を地方公共団体に共有するとともに、補助説明資料を作成し、地方公共団体における利用を推進する ・ 必要に応じて、衛星画像を用いた災害解析ハンドブックを地方公共団体に提供し、地方公共団体における災害解析能力の向上を図る ・ 必要に応じて、山地災害発生時に JAXA に対し緊急観測の要請を行い、衛星画像データを活用する
	<p>【宇宙航空研究開発機構】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ALOS-2 及び ALOS-3 観測データの提供 ・ ALOS-2 及び ALOS-3 観測データ利用のための技術支援及び利活用に向けた助言 ・ 農林水産省（林野庁）が実施する、林野庁及び地方公共団体の職員の衛星画

	像等の活用能力向上において、必要に応じて教材の提供及び講師派遣等を行う。	
6. 期間	農林水産分野における地球観測衛星データ等の利用の推進に関する協定と同期間	
7. 実利用実証	実利用実証期間：令和 年 月～令和 年 月	
	無償データ提供希望数（ALOS-2）：利用開始後1年間50シーン 無償データ提供希望数（ALOS-3）：利用開始後1年間1万km ²	
8. 年度利用データ量	令和元年度25シーン、令和2年度25シーン	
9. データ提供方法	ALOS-2 AUIG 2	防災インターフェイス
10. 成果報告書の提出	可/否	
	可の場合（提出時期）：毎年度末	否の場合（提出できない理由）
11. 農林水産省 担当者		
担当者名		
主)		
副)		
12. JAXA 担当者		
担当者名		
主)		
副)		

4. ALOS-2 データによる災害判読ガイドブック

本事業において作成した ALOS-2 データを用いて作成した合成開口レーダ (SAR) 衛星を活用した山地災害判読ガイドブックは以下のとおりである。



目次

- はじめに
- SARの基本事項
- SAR画像を活用する際の留意点
- SAR画像による山地災害判読調査のフロー
- SAR画像による山地災害判読調査の判読事例
- 判読環境

【参考資料】山地災害の解説・山地災害の発生要因とその事例

1. はじめに

- 大規模災害発生時には迅速に被災地の状況を把握し、対策を講じる必要があります。そこで、陸域観測衛星 (ALOS-2) をはじめとした人工衛星を用いた観測は、現地に行く必要が無く、広域の状況を調査することができるため、災害時には有効な手段であると考えられます。
- 本ガイドブックでは、山腹崩壊、地すべり、土石流、崩壊土砂の堆積、流木等の漂流、河道閉塞による湛水 (天然ダム) 及び風倒木を対象として、合成開口レーダ (SAR) 衛星画像を用いて、山地災害の判読を行うための知識および手順を解説します。

2. SARの基本事項

- 地球観測衛星の種類

地球観測衛星には主に光学衛星と合成開口レーダ (SAR) 衛星がある。

地球観測衛星の種類	特徴
光学衛星	自然の放射光や反射光を観測する。そのため、撮影された画像は、一般の写真と同様の解釈が可能である。ただし、太陽光が当たらない地球の夜側や雲で覆われた地表は観測することができない。
合成開口レーダ衛星 (SAR衛星)	マイクロ波を地表面に斜めに照射し、地表面からの反射波 (後方散乱) を観測する。SAR衛星のマイクロ波は雲を透過することができ、観測に太陽光を必要としないため、天候や時間に関わらず観測が可能。ただし、撮影された画像の解釈には、専門知識を要する。

2. SARの基本事項

- SARの基本事項(1)
 - 空間分解能

「空間分解能」は地上における1画素当たりの辺の長さを表す。一般的に特定の対象を見るためには、その対象物が分解能の10~20倍程度の大きさが必要とされている。
 - 波長

SARで主に使用されるマイクロ波の波長はXバンド (25~37.5 mm)、Cバンド (37.5~75mm)、Lバンド (150~300mm) の3種類である。波長が小さいほど小さい物体に対しても反射しやすくなり、波長が大きすぎると透過しやすくなるため、葉や枝など小さなものを見る場合にはXバンドやCバンドが、森林の幹や地表面などを見る場合にはLバンドがそれぞれ適している。
 - オフナディア角

SAR衛星は衛星の進行方向に直角に、右斜め下あるいは左斜め下に電磁波を発信します。このとき、衛星から地表面に向かって垂直な角度を0°とし、そこから傾きの大きさを「オフナディア角」と呼ぶ。

2. SARの基本事項

- SARの基本事項(2)
 - 散乱

衛星から照射されたマイクロ波が地表面等で散乱した後に、照射方向側に戻るマイクロ波の強さを「後方散乱強度」と呼ぶ。後方散乱強度に関係する散乱の種類には、表面散乱、体積散乱、二重散乱が挙げられる。

 - 表面散乱

SARから照射されたマイクロ波が地表などの境界面で散乱することを「表面散乱」という。表面散乱は境界面の粗さの影響を受ける。滑らかな表面に対してはマイクロ波の照射方向と反対側の散乱 (前方散乱) が大きく、粗い境界面に対してはマイクロ波の照射方向への散乱 (後方散乱) が大きくなる特性がある。
 - 体積散乱

SARから照射されたマイクロ波が境界面を透過して進入し、内部の誘電率の不均一性によって散乱が生じることを「体積散乱」という。Lバンドの場合には森林内部における体積散乱が顕著であり、樹木内部での体積散乱と地表面での表面散乱を同時に考慮する必要がある。
 - 二重散乱

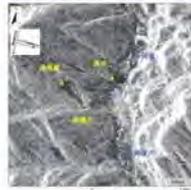
表面散乱した後に再度散乱が生じて、後方散乱が大きくなることを「二重散乱」という。建物や構造物などに対してマイクロ波の照射方向が正対する場合などに強く発生することがある。

2. SARの基本事項

・本ガイドブックで使用するSAR画像

■ 強度画像

照射して返ってきた電磁波の強度を白黒のグレースケールで表現した画像を「強度画像」と呼ぶ。電磁波は滑らかな面にあたるほとんどが反射してしまい、衛星に向かって跳ね返ることはないが、凹凸の大きい面にあたる後方散乱により、一部が衛星に向かって跳ね返る。そのため、強度画像では森林や農地などの凹凸が多い箇所は白く表現され、水面や崩壊面などの滑らかな箇所は黒く表現される。



■ 二時期カラー合成画像

二時期カラー合成画像は、合成開孔レーダ衛星の前時期画像の後方散乱強度の高いことを示す白色部分を赤色に、後時期画像の後方散乱強度の低いことを示す白色部分を青色及び緑色に着色し、合成することで作成する。災害前後の二時期カラー合成画像では、災害発生後に電磁波の強度が強くなっている部分がシアン、弱くなっている部分が赤で表現されるため、シアンに表現された部分は土砂や漂流物の流入によって表面に凹凸が生じた部分、赤に表現された部分は崩壊、あるいは浸水によって表面が滑らかになった部分と推測できる。



災害前後の2020年1月19日開

2. SARの基本事項

・ALOS-2について

■ 諸元

ALOS-2の主要な諸元を示す。ALOS-2には大きく3つの観測モード（スポットライト、高分解能、広域観測）があり、それぞれで分解能や観測幅が異なる。災害前後二時期のALOS-2画像を使う場合には、それぞれの観測モードに留意する。

観測開始年	2014年	
観測日数	14日	
観測帯	1バンド	
分解能	スポットライト	3 m×1 m
	高分解能	3/6/10 m
	広域観測	100/50 m
観測幅	スポットライト	25 km
	高分解能	50/50/70 km
広域観測	350/450 km	

■ 観測パターン

ALOS-2の観測パターンは、衛星進行方向（北行軌道、南行軌道）と電波照射方向（右向き、左向き）から4通りの組み合わせがある。また、電波照射方向を方位で分類する場合、東向きと西向きの2つに分類される。



3. SAR画像を活用する際の留意点

・SAR画像の歪み

SAR衛星は、衛星進行方向に対して、斜め下方向に電波を照射するため、SAR画像特有の現象が生じ、信頼性が低下することがある。ALOS-2では、東向きと西向きの電波照射方向を組み合わせて使用することによりこれらの不可視領域を低減することができる。

■ レイオーバ

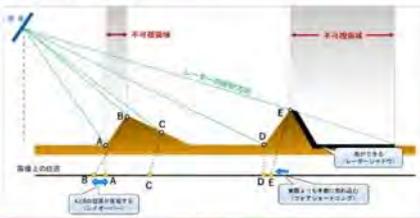
斜面の傾斜度が大きくなると、フォアショートニングの効果が大きくなって斜面の上端と下端の位置関係が反転して投影される場合がある。

■ レーダーシャドウ

斜面の陰となってマイクロ波が照射されない場所では散乱が一切発生せず、SAR画像上では陰影効果が生じたように投影される。

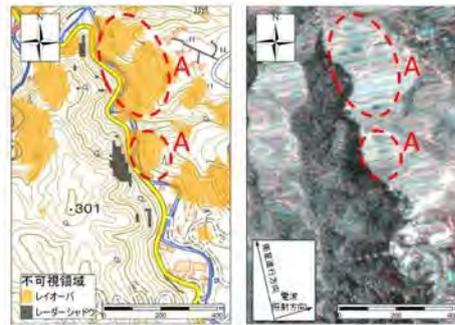
■ フォアショートニング

観測対象物に高さがある場合はマイクロ波の送信時間が短くなる分だけ半影側に投影され、SAR画像上の輝度を持つ対象物はマイクロ波の照射方向側に傾け込んだように見える。



3. SAR画像を活用する際の留意点

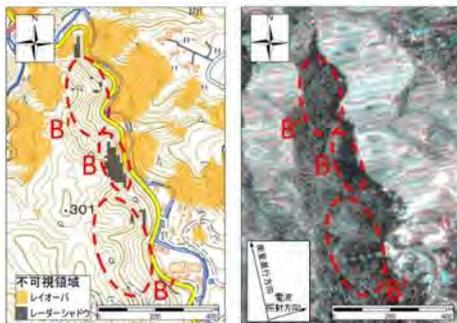
・フォアショートニング、レイオーバ



AIは電波照射方向に対し向かい合う方向の斜面であり、マイクロ波の送受信時間が短くなる。このような場所ではフォアショートニングの影響が大きくなるため、レイオーバが発生する。レイオーバ部は明るく、電波照射方向に引き伸ばされたように表示される。

3. SAR画像を活用する際の留意点

・レーダーシャドウ



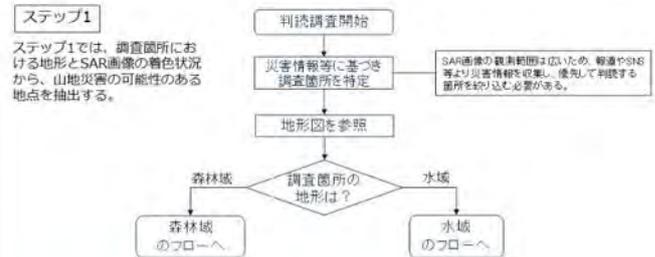
画像中央のBは、斜面の陰であるためマイクロ波が地表まで届かず、レーダーシャドウが生じている。レーダーシャドウ部では散乱するマイクロ波がないため、暗い色になる。ただし、B'はBとほぼ同じ向きの斜面であるが、電波照射方向に対し傾斜が急ではないためレーダーシャドウにはならず、視認することができる。

4. SAR画像による山地災害判読調査のフローステップ1ー

ALOS-2災害判読調査を用いて山地災害判読調査を実施する場合、本フローにしたがって調査を進め、緊急度に応じてステップ1とステップ2の2段階に分けて実施する。

ステップ1:信頼性を重視し、地形図とSAR画像を用いて判読を実施

ステップ2:ステップ1で抽出した箇所のうち、精度を上げる（誤判読を減らす）ために災害前の光学画像を参照して実施



4. SAR画像による山地災害判読調査のフローステップ1ー

ステップ1 (森林域)

① 森林域の抽出
② 森林域の抽出結果を確認する
③ 森林域の抽出結果を確認する

④ 河川沿線による湛水の可能性あり
⑤ 土石流の可能性あり
⑥ 冠層土砂の堆積の可能性あり

4. SAR画像による山地災害判読調査のフローステップ1ー

ステップ1 (水域)

① 水域のフロー
② 二時期カラー合成画像の差分を抽出
③ シンクがみられる
④ 洪水時の湛水可能性を抽出
⑤ 山腹丘陵に湛水する可能性は低くはない

⑥ 流水等の湛水の可能性あり

4. SAR画像による山地災害判読調査のフローステップ2ー

ステップ2

ステップ2では、ステップ1で抽出した地点について災害前の光学画像を参照し、人工改変地や治水施設を識別することで判読の精度を向上させる。

① 人工改変地の抽出
② 治水施設の抽出

③ 土石流の可能性が高い
④ 冠層土砂の堆積の可能性が高い

4. SAR画像による山地災害判読調査のフローステップ2ー

ステップ2

① 洪水時の湛水可能性を抽出
② 山腹丘陵に湛水する可能性は低くはない

③ 河川沿線による湛水の可能性が高い
④ 冠層土砂の堆積の可能性が高い

⑤ 流水等の湛水の可能性が高い

4. SAR画像による山地災害判読調査のフロー判読時の注意事項ー

注意事項①:
二時期カラー合成画像上にはノイズの影響により、ピクセル単位での赤やシアンの着色が無数に確認されるため、着色箇所の面的な広がりに着目しつつ、地形図を参照しながら判読を進めることが肝要である。

注意事項②:
SAR画像の撮影時期によって水田の水張り状況が異なるため、二時期カラー合成画像上で水田が赤やシアンに着色されることが多く、湛水や土砂の堆積と誤判読しやすいので留意を要する(右上図)。地形図から土地利用を確認することで誤判読を低減できる。

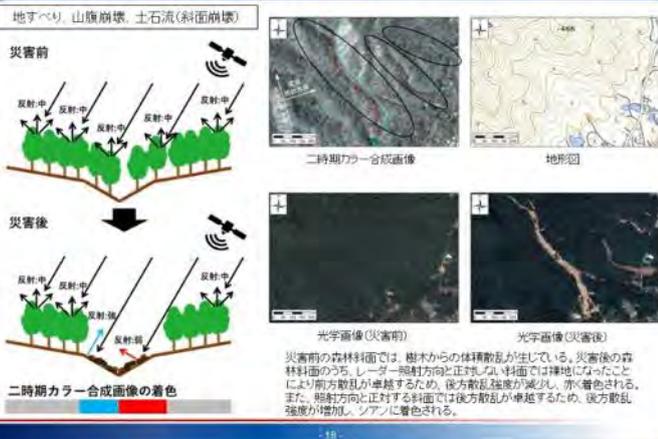
注意事項③:
森林における斜面崩壊と伐採の場合、地表被覆としてはどちらも森林から裸地への変化であり、二時期カラー合成画像上では赤く着色されるので留意を要する(右下図)。災害前の光学画像を確認することで、誤判読を低減できる。

5. SAR画像による山地災害判読調査の判読事例

• 山地災害事例の紹介

各山地災害の事例を次頁より紹介する。なお、解説文中の後方散乱強度について、SAR画像の前後の時期における相対的な強弱関係を示したものであることに留意を要する。

5. SAR画像による山地災害判読調査の判読事例 —地すべり、山腹崩壊、土石流(斜面崩壊)—



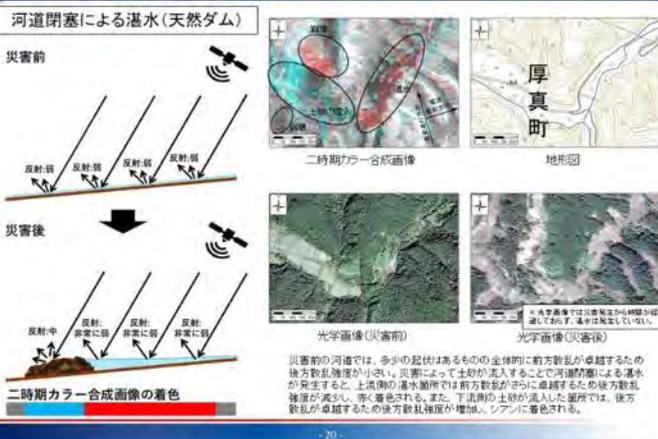
-18-

5. SAR画像による山地災害判読調査の判読事例 —崩壊土砂の堆積—



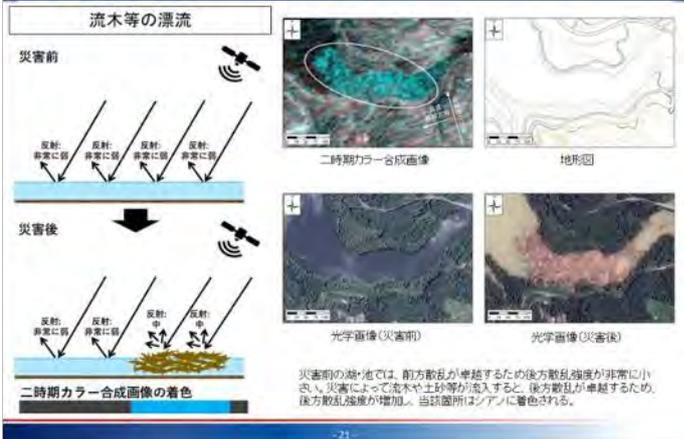
-19-

5. SAR画像による山地災害判読調査の判読事例 —河道閉塞による湛水(天然ダム)—



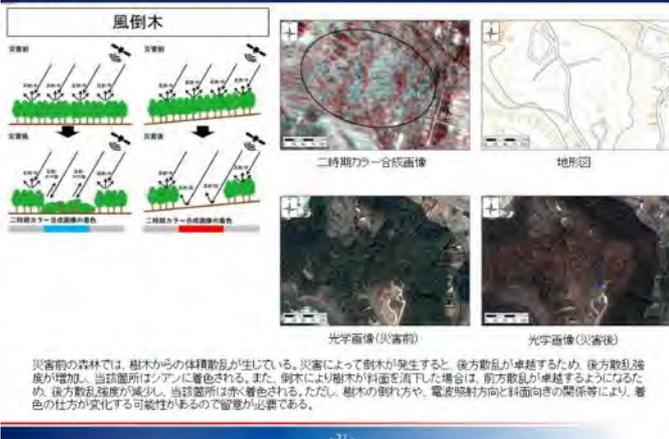
-20-

5. SAR画像による山地災害判読調査の判読事例 —流木等の漂流—



-21-

5. SAR画像による山地災害判読調査の判読事例 —風倒木—



-22-

5. SAR画像による山地災害判読調査の判読事例 —伐採—



-23-

5. SAR画像による山地災害判読調査の判読事例

判読精度について

過去の災害を対象に、SAR画像と光学画像を併用的に使用して斜面崩壊（山腹崩壊、地すべり、土石流及び崩壊土砂の堆積）の判読を実施し、精度を算出した。精度の算出にあたっては、衛星画像から判読した土砂移動範囲を示す「判読ポリゴン」と外部情報により公表されている土砂移動範囲を示す「検証ポリゴン」を使用し、以下に示す適合率と再現率を算出した。

適合率：全ての判読ポリゴンのうち、検証ポリゴンと一部でも重なった判読ポリゴンの割合。高いほど判読精度が高いことを示す。

再現率：全ての検証ポリゴンのうち、判読ポリゴンと一部でも重なった判読ポリゴンの割合。高いほど判読漏れが少ないことを示す。

判読精度は、対象とする災害ごとに異なるもの。本ガイドブックのステップ1と比べてステップ2を実施することで、後述等の人工的な判読精度が減少し、適合率が向上する。また、本ガイドブックを活用した判読の対象外ではあるものの、災害後の光学画像を参照することで判読漏れが減少し、再現率が向上する。

また、検証ポリゴンと画像が1ha以上のものに比べて、精度を計算した結果、いずれの判読方法においても再現率が大幅に向上した。このことから、1ha以上の比較的大規模な崩壊のみを判読対象とすれば、衛星画像でも判読が十分にできていると考えられる。なお、適合率については、1ha未満の判読ポリゴンと異なる小規模な判読ポリゴンが判読対象として判定されることから低下している点に留意を要する。

判読対象	判読エリア	判読方法	判読ポリゴン		1ha以上判読ポリゴン		検証データ取得
			適合率	再現率	適合率	再現率	
平沢2月崩壊	地盤図 + SAR画像	判読フロー ステップ1	80%	20%	79%	65%	広島大学平成10年7月 長門川沿岸調査団
	地盤図 + SAR画像 + 気象庁光学画像	判読フロー ステップ2	97%	23%	40%	43%	
	地盤図 + SAR画像 + 気象庁光学画像	本ガイドブックによる 判読対象外	91%	40%	32%	88%	
平沢2月9日北 谷集落	地盤図 + SAR画像	判読フロー ステップ1	41%	11%	3%	78%	国土地理院
	地盤図 + SAR画像 + 気象庁光学画像	判読フロー ステップ2	80%	10%	9%	78%	
	地盤図 + SAR画像 + 気象庁光学画像	本ガイドブックによる 判読対象外	59%	41%	6%	89%	

-24-

【参考資料】1. 山地災害の解説

山腹崩壊（令和3年の山腹崩壊発生事例：福岡県八女市矢部村）

地盤が緩むことによって山地の斜面が崩れると、麓に向かって土砂が流れ落ちます。このとき、急な勾配の斜面を高速で土砂が移動する現象を「山腹崩壊」と呼びます。山腹崩壊は、水を集める谷型斜面や、過去の崩壊や人為的な斜面の切り取りによって傾斜が急になっている斜面などで発生する危険性が高くなります。山腹崩壊は突然発生することが多いため、居住区域の近くで発生した場合は人的被害が生じやすい災害です。



また、居住区域から離れた場所で発生する場合や、小規模な場合であっても、土砂や流木を渓流に供給することで後述の土石流の被害を大きくすることがあります。特に流木の起因となる崩壊地は0.5ha未満の崩壊がほとんどで、小規模な崩壊の同時多発が土石流や流木の引き金になっているとされています。

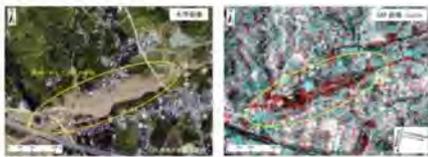
-25-

【参考資料】1. 山地災害の解説

土石流（令和3年の土石流発生事例：広島県広島市西区田方、静岡県熱海市伊豆山）

土砂や石が渓流を流れる水と一体となって流れ出る現象を「土石流」と呼びます。土石流には、渓流の流量が増加することで、①渓床に堆積した土砂等が押し流される場合、②新たな山腹崩壊や地すべりによって発生した土砂等が、そのまま流される場合、③天然ダム崩壊（後述）によって大量の水と土砂が一気に流れ出る場合の3つの発生形態があります。

土石流は移動速度が非常に速く、移動距離も長いので、仮に居住区域まで到達した場合は、人的被害や家屋等の破壊といった甚大な被害が発生しやすい災害です。また、土石流の中に流木が含まれている場合、流木が橋梁などにつかえて流路をせき止めて氾濫を誘発したり、流木の直撃により家屋等への被害を大きくしたりするなどの危険が生じます。



-26-

6. 判読環境

ArcGIS

特徴

ArcGISはESRI社により提供されているGISソフトウェアである。地図の閲覧・作成のほか、高度な分析などが可能であるが割高である。

推奨スペック(ArcMap 10.6.1の場合)

OS：Windows 10(64-bit)、Windows 8.1

CPU：2.2 GHz以上

メモリ：8 GB

参考：https://www.esri.com/products/arcgis-desktop_olp/environments/arcmap/

QGIS

特徴

QGISはオープンソースのGISソフトウェアである。無料で利用でき、地図の閲覧・作成・分析などが可能であるが、分析機能やサポートが限られている。

推奨スペック

OS：Windows/MacOS/Linuxほか

CPU：なし

メモリ：なし

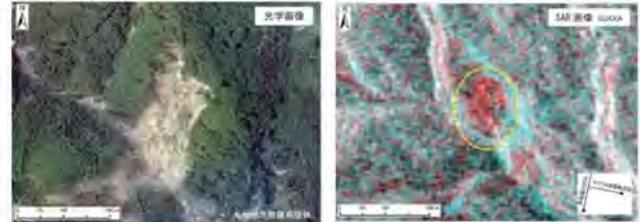
参考：https://qgis.org/ja/site/forusers/download.html

-27-

【参考資料】1. 山地災害の解説

地すべり（令和3年の地すべり発生事例：長野県長野市篠ノ井、熊本県天草市本渡町）

傾斜の比較的緩い斜面が広い範囲にわたって徐々に下方に移動していく現象を「地すべり」と呼びます。地すべりは、すべり面において地下水等の影響により、土塊が下方に移動する力に対抗する摩擦抵抗が減少することで発生します。一般的に山腹崩壊と比べると移動速度が小さいため、人命にかかわる被害は生じづらいと考えられますが、地震や豪雨等により移動が加速する場合があります。しかし、渓流の閉塞により大雨時に土石流化する可能性もあります。



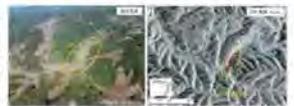
-28-

【参考資料】1. 山地災害の解説

災害を甚大化する要因となるもの

河道閉塞による潜水（天然ダム）

斜面の崩壊によって移動した土砂や流木が河川の流れをせき止めると、河川の上流側に水が溜まり、ダムのような地形（天然ダム）が形成されます。そして、流れをせき止めている土砂が再び崩れると、溜まっていた水が土砂とともに一気に下流に流れ出すため、大規模な土石流が発生する危険性があります。



風倒木

台風や突風などで立木が倒れることで、地面が掘り返されたり、根系による土壌緊縛効果を失ったりすることで地盤が緩み、斜面の崩壊が生じやすくなります。また、風倒木の発生した後に山腹崩壊や、土石流が発生した場合、これらが流木となって被害を大きくする要因となります。



-29-

【参考資料】2. 山地災害の発生要因とその事例

・大雨

地中に浸透し地盤を緩めたり、地下水位を上昇させたりすることで山腹崩壊や地すべりを誘発します。また、河川の流量を増加させることで斜面からの崩壊土砂、河床の堆積物、流木等押し流し、土石流を引き起こします。

・地震

地盤を緩めることで地すべりや山腹崩壊を誘発します。地震によって地すべり斜面内部で液状化が生じた場合、高速地すべりが発生する場合があります。また、天然ダムを形成している土塊が緩んで崩壊した場合、土石流の発生につながります。

・大雪

雪解け水となって地中に浸透すると地盤が緩み、地すべりや山腹崩壊の誘因となります。また、地中に浸透した水が凍った場合、地中の割れ目が大きくなり、崩壊しやすくなります。

-30-

参考文献

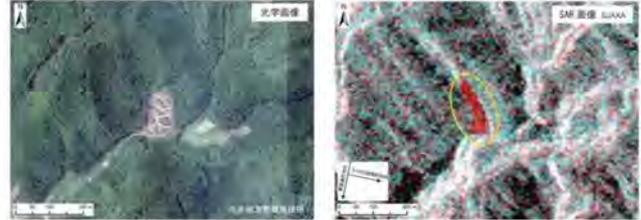
- ・ 広島大学平成30年7月豪雨災害調査団（地理学グループ）、2019、平成30年7月豪雨による広島県の斜面崩壊の詳細分布図（第二報：最終報告）、<https://ajg-disaster.blogspot.com/2018/07/3072.html>
- ・ 国土地理院、2017、平成29年7月九州北部豪雨に関する情報、https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h129h/ukuoka_nolta-heavyrain.html
- ・ 内藤一郎、2018、内閣府 国と地方・民間の「災害情報/プ」推進チーム 第5回 人工衛星の防災活用について、<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/saigaiyouthuhub/dai5kai/pdf/shiryo5.pdf>
- ・ 鈴木大和・松田昌之・瀬口茂隆・野村康裕・山下久美子・中谷洋明、2020、合成開口レーダ（SAR）画像による土砂災害判読の手引き、国土技術政策総合研究所資料、1110。
- ・ 鈴木大和・松田昌之・中谷洋明、2021、災害時における合成開口レーダ（SAR）の散乱変化事例解説集、国土技術政策総合研究所資料、1159。

-32-

【参考資料】2. 山地災害の発生要因とその事例

・伐採

立木が伐採された山腹斜面は時間が経つと樹木の根系による土壌緊縛効果を失い、土砂崩壊防止機能が低下します。また、露出した地表は降雨によって侵食されたり、表面が締め固まって透水性が低くなることで雨水が地中に浸透せず、河川の流量を増加させたりします。



-31-

林野庁
国有林野部 業務課

令和4年度陸域観測技術衛星を活用した災害対応手法等検討調査(受託者:株式会社バスコ)

5. 打合せ協議

下記の表 5-1 に示すとおり、打合せ協議を実施した。

表 5-1 打合せ協議

打合せ回数	打合せ日時及び手法	打合せ内容
第1回	令和4年8月22日(月) WEB会議 10:30～	<ol style="list-style-type: none"> 業務内容の確認 <ul style="list-style-type: none"> 対象とする災害地 ヒアリング対象 ヒアリング内容(ガイドブックの構成案) 衛星画像の選定結果 今後のスケジュール その他確認事項
第2回	令和4年11月22日(火) 林野庁 13:00～	<ol style="list-style-type: none"> 業務の進捗状況 <ol style="list-style-type: none"> ALOS-2 災害速報図の判読ガイドブックの作成 <ul style="list-style-type: none"> ガイドブック(素案)の状況 ALOS-3 相当画像による災害把握の検証 <ul style="list-style-type: none"> 進捗状況について 森林荒廃面積の把握による林野関係被害把握手法検討 <ul style="list-style-type: none"> 「平成29年7月九州北部豪雨」福岡県東峰村及び「平成30年7月豪雨」における広島県府中町、坂町、海田町、熊野町における抽出事例 新たな衛星技術を活用した山地災害対応の検討 <ul style="list-style-type: none"> 災害時の協定について 今後のスケジュール その他確認事項
第3回	令和5年1月17日(火) 林野庁 14:00～	<ol style="list-style-type: none"> 業務の進捗状況 <ol style="list-style-type: none"> ALOS-2 災害速報図の判読ガイドブックの作成 <ul style="list-style-type: none"> ガイドブックの追記、修正箇所について 森林荒廃面積の把握による林野関係被害把握手法検討 <ul style="list-style-type: none"> 「平成29年7月九州北部豪雨」福岡県東峰村及び「平成30年7月豪雨」における広島県府中町、坂町、海田町、熊野町における抽出事例の修正について 新たな衛星技術を活用した山地災害対応の検討

		<ul style="list-style-type: none"> ・災害時の協定案について（JAXA 様との打合せ内容及び日程等） ・災害発生後の対応フロー案について <ol style="list-style-type: none"> 2. 今後のスケジュール 3. その他確認事項
第 4 回	2 月 15 日（水） （株）パスコ 14:00～	<ol style="list-style-type: none"> 1. 業務内容の確認 令和 4 年度 陸域観測技術衛星を活用した災害対応手法等調査事業報告書素案 2. 今後のスケジュール 3. その他確認事項
第 5 回	3 月 2 日（木） JAXA 会議室 16:30～	<ol style="list-style-type: none"> 1. 判読ガイドブックの内容について 2. 協定書について 3. 今後のスケジュール
第 6 回	3 月 13 日（月） WEB 会議 10:00～	<ol style="list-style-type: none"> 1. 判読ガイドブックの内容について 2. 報告書について