

2023年12月14日

令和5年度 国総研講演会

パネルディスカッションⅡ：DXを活用した防災・減災の推進

地震後の土砂災害発生状況把握を迅速化・効率化することに寄与する研究事例

土砂災害研究部長

田村 毅



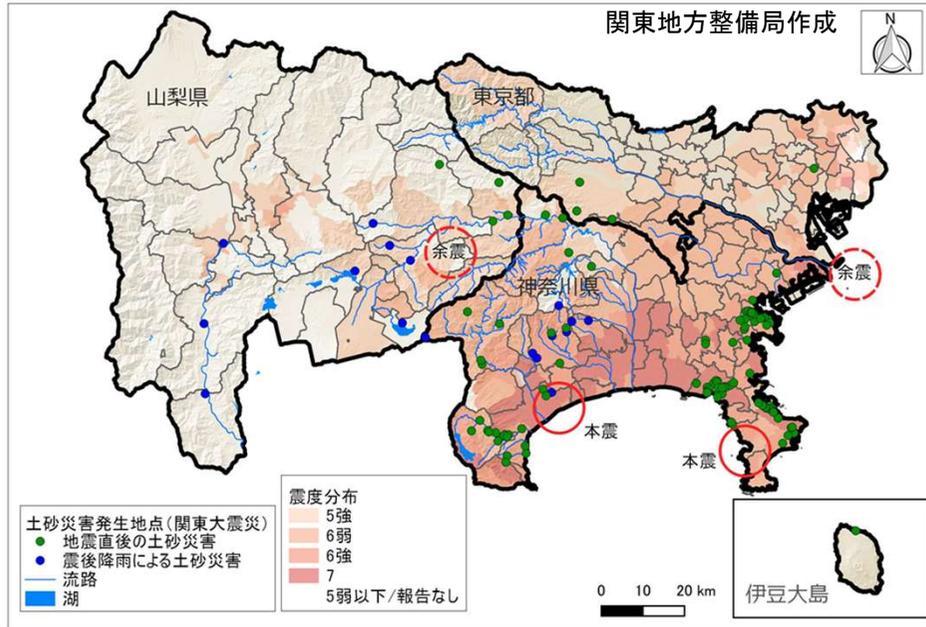
国土交通省

国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

地震による土砂災害発生事例

関東大震災で発生した土砂災害



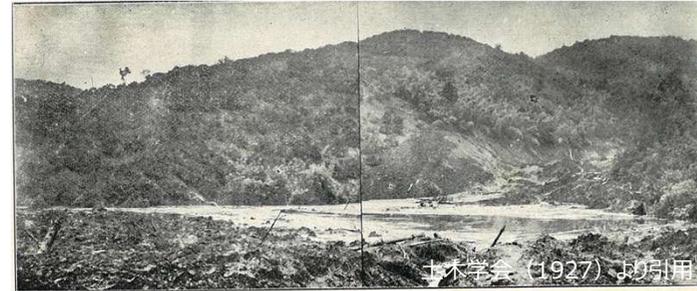
中央气象台(1924)より引用

地震によって土石流が発生し、集落を飲み込んだ
(神奈川県小田原市米神地区)



土木学会(1927)より引用

がけ崩れによって発生した土砂が、駅にいた乗客
および客車に直撃し、海に押し流した
(神奈川県小田原市根府川駅近辺)



土木学会(1927)より引用

地震によって、土石流が発生し、
川をせき止めたため、約50戸が
せき止め湖の中に沈んだ
(神奈川県小田原市米神地区)

兵庫県南部地震(阪神淡路大震災)以降の事例

兵庫県南部地震では、神戸市周辺で約1,400件発生、死者、負傷者も発生した。



阪神・淡路大震災調査報告編集委員会(1997)より引用

兵庫県西宮市仁川百合野町地区で発生した地すべり

この他、

- ・新潟県中越地震
- ・岩手・宮城内陸地震
- ・熊本地震
- ・北海道胆振東部地震

において多くの斜面崩壊が発生。



岩手・宮城内陸地震では
大規模な斜面崩壊が発生
し、河道を閉塞



熊本地震では大規模な斜面崩壊が
発生し、国道および鉄道を寸断

○地震後の土砂災害発生状況早期把握の必要性

大規模な地震の発生



山間部等で、大規模崩壊や天然ダムなどが、人知れず発生している可能性がある(放置すると深刻な二次災害が発生するおそれ)。



そのような深刻な現象の有無を迅速に把握し、警戒避難や応急対策のための緊急調査に早急に着手する必要。

○地震後(特に大規模地震後)の土砂災害発生状況早期把握の困難性

(困難要因)

- ・調査すべき範囲が広域、アクセス困難
- ・人員や資機材の制約 等



(上記に対する取り組みとして、)

「地震後の土砂災害発生状況把握を迅速化・効率化することに寄与する研究事例」

①地震時に発生する斜面崩壊リスクに関する研究

②衛星SARを用いた土砂災害判読調査に関する研究

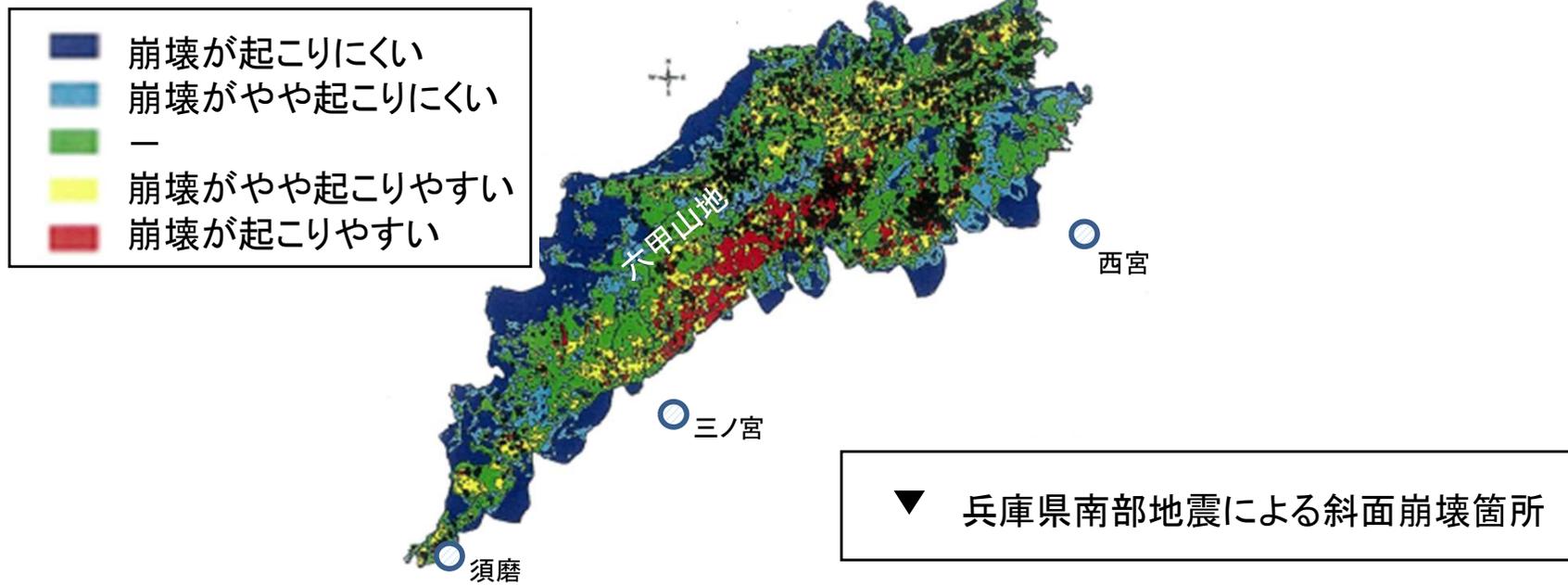
①地震時に発生する斜面崩壊リスクに関する研究

(1) 相対的な斜面崩壊危険度を評価する手法の開発

- H7年の兵庫県南部地震で、六甲山地で表層崩壊が多発したことを踏まえて、国総研砂防研究室により開発（研究期間：平成14年度～平成15年度）。
- 「地形（斜面勾配、斜面の曲率）」と「地震の規模（最大加速度）」を入力し、「地震時の相対的な斜面崩壊危険度」を評価する経験式（六甲式）を提案。
- 多くの大規模地震で検証を行い、表層崩壊はある程度評価できることを確認。

地震時の表層崩壊危険度評価式（六甲式）

判別得点 $F = 0.075 \times [\text{勾配}] - 8.9 \times [\text{平均曲率}] - 3.2 + 0.0056 \times [\text{加速度}]$



※六甲式を活用して、国土地理院がSGDAS (Seismic Ground Disaster Assessment System: 地震時地盤災害推計システム)を開発

①地震時に発生する斜面崩壊リスクに関する研究

(2) 定量的な斜面崩壊の発生状況を事前に推定する手法の開発

- H28熊本地震を対象として、地盤条件・崩壊発生形態に着目した分類ごとに、「斜面勾配(I)」と「地震動の強さ(最大加速度a)」を指標とした「崩壊面積率(P)」の推定式を作成。
- この崩壊面積率推定式をH20年岩手・宮城内陸地震に当てはめて検証し、崩壊面積率を一定の精度で推定できることを確認。
(研究期間：平成30年度～令和2年度)

地震時の崩壊面積率推定式	
分類	崩壊面積率推定式
溶岩・火砕岩 (キャップロック崩壊 or 亀裂質地山崩壊)	$\log P = 0.0023I + 0.0014a - 2.2914$ (40°未満) $\log P = 0.0541I + 0.0010a - 4.1204$ (40°以上)
先阿蘇火山岩類 (強風化地山崩壊)	$\log P = 0.0309I + 0.0014a - 4.3740$
⋮	⋮

P ：崩壊面積率， I ：斜面勾配， a ：最大加速度

H28熊本地震を対象として、異なる地盤条件・崩壊発生形態毎に推定式を作成

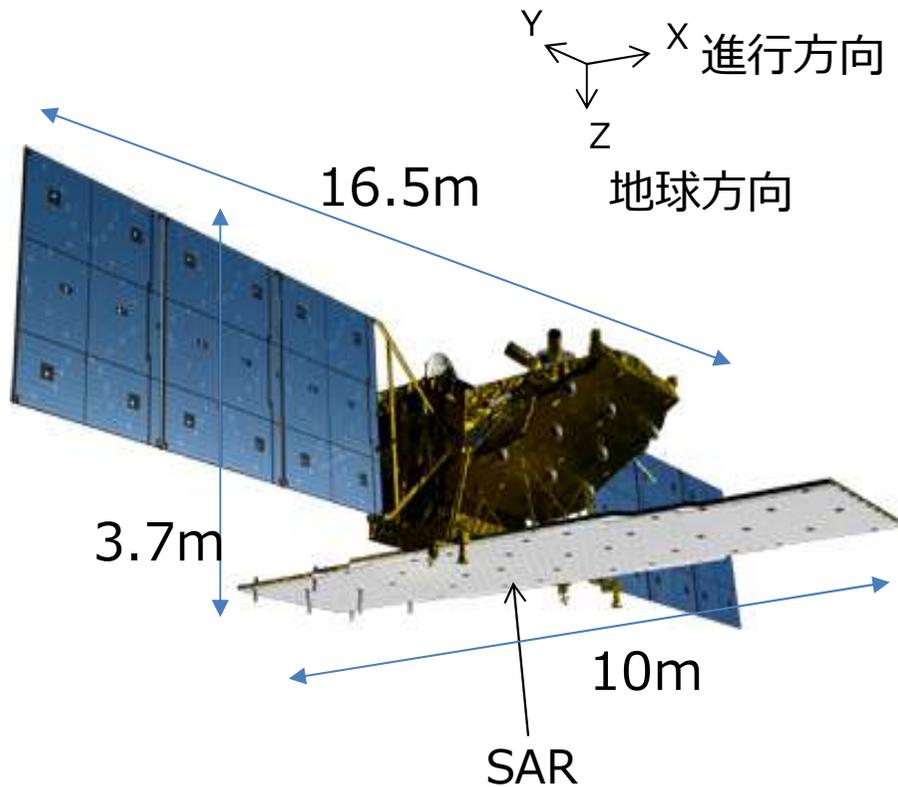
岩手・宮城内陸地震の実績との比較結果

岩手・宮城内陸地震			熊本地震で作成した崩壊面積率推定式		実際と推定の崩壊面積比
地盤条件 (崩壊発生形態)	総面積 (ha)	実際の崩壊面積率	対応する崩壊面積率推定式	推定した崩壊面積率	
第四紀火山岩類 (キャップロック崩壊)	15,327	1.00%	溶岩・火砕岩 (キャップロック崩壊 or 亀裂質地山崩壊)	1.16%	115%
新第三紀溶岩・火砕岩 (亀裂質地山崩壊 or 強風化地山崩壊)	17,784	0.83%	先阿蘇火山岩類 (強風化地山崩壊)	0.54%	66%

②衛星SARを用いた土砂災害判読調査に関する研究

(1) 研究対象とした衛星と搭載センサー

- JAXAが運用する陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(ALOS-2)を活用
- ALOS-2には**合成開口レーダー(SAR)**が搭載



ALOS-2軌道上概観図

運用軌道	種類	太陽同期準回帰軌道 (14日回帰)
	高度	628km (赤道上)
	通過時刻	12 : 00 (正午) @赤道上 (降交軌道)
設計寿命	5年 (目標7年)	
打上げ	打上げ日	平成26年 (2014年) 5月24日
	ロケット	H-IIA
衛星	質量	約2トン
	パドル	2翼パネル
ミッションデータ伝送	直接伝送およびデータ中継衛星経由	
合成開口レーダ周波数	Lバンド (1.2GHz帯)	
観測性能	スワッチライト	分解能 [※] : 1~3m 観測幅 : 25km
	高分解能	分解能 [※] : 3/6/10m 観測幅 : 50/50/70km
	広域観測	分解能 [※] : 100/60m 観測幅 : 350/490km

※分解能とは、1ピクセル当たりの大きさを表したものであり、判別できる大きさを表したのではない。
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。

②衛星SARを用いた土砂災害判読調査に関する研究

(2)土砂災害対応初動期の被害状況把握手法

- SAR画像は**昼夜・天候に関わらず広範囲観測が可能**
- 画像解釈には専門知識が必要。

土砂災害対応初動期の被害状況把握手法		活用場面			特徴		利点
		夜間観測	悪天候時観測	詳細調査	観測・調査範囲	観測・調査結果の解釈	
人工衛星	SAR画像	可	可	不向き	広い (数万km ²)	専門知識が必要	昼夜・天候に関わらず広範囲の概況把握が可能
	光学画像	不可	不可	不向き	広い (数万km ²)	容易	広範囲の概況把握が容易
	航空機・ヘリ	不可	不可	やや不向き	中程度 (数百km ²)	容易	数百km ² 単位の調査を一日数回行うことが可能
	無人飛行機 (ドローン等)	不可	機種による	やや不向き	狭い (溪流ごと)	容易	人の立ち入りが困難な箇所の調査が可能
	地上調査	不可	雨の程度による	向き	狭い (溪流ごと)	容易	被害の詳細調査が可能

②衛星SARを用いた土砂災害判読調査に関する研究

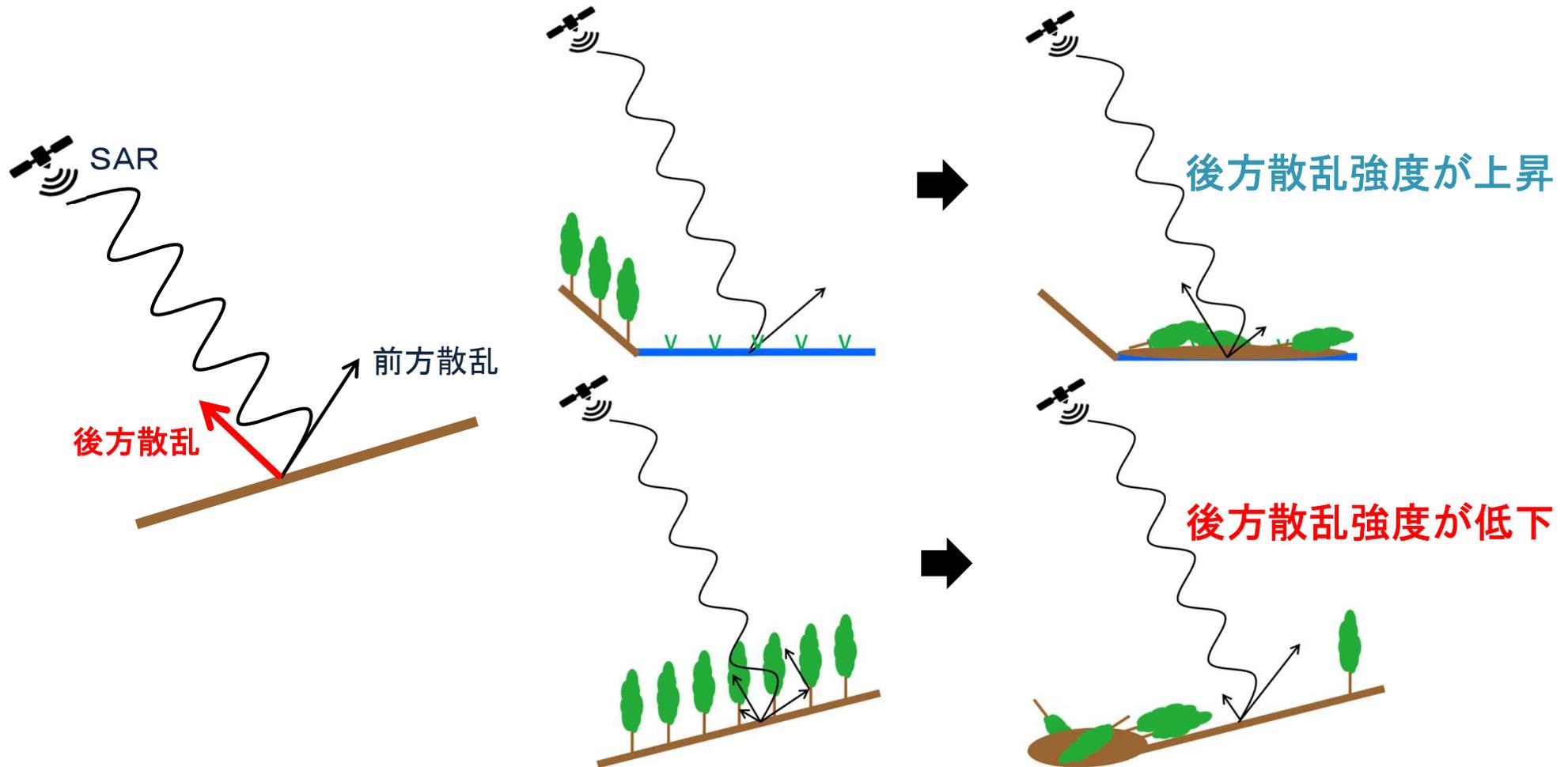
(3)SAR画像を用いた土砂災害判読手法の変遷

SAR画像の種類	画像生成に必要な観測条件		参考資料
	回数	偏波	
単偏波SAR画像	1回	単偏波	国総研資料第760号
2偏波SAR画像 1時期における各偏波の後方散乱強度特性を解析	1回	多偏波	国総研資料第791号
強度差分SAR画像 2時期における単偏波の後方散乱強度変化を解析	2回 (災害前後)	単偏波	国総研資料第1110号 国総研資料第1159号

②衛星SARを用いた土砂災害判読調査に関する研究

(4)強度差分SAR画像による判読の原理

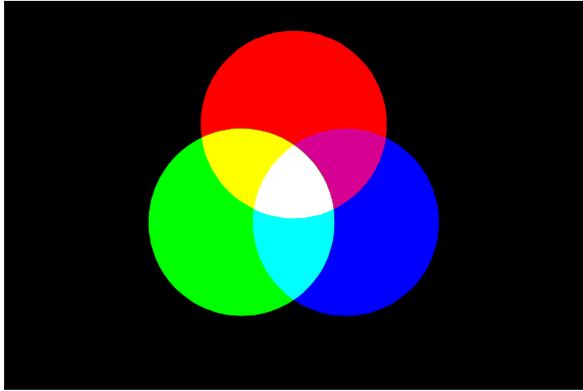
- 災害前後の単偏波SAR画像の**後方散乱強度の変化**に着目
- 同一観測条件の災害前後の観測データが必要



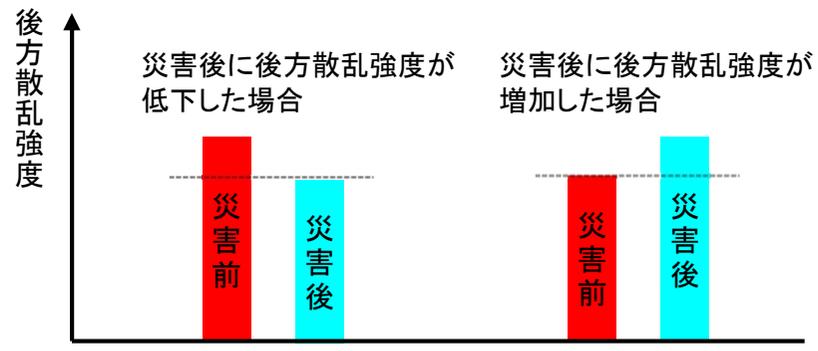
②衛星SARを用いた土砂災害判読調査に関する研究

(5)強度差分SAR画像の解釈

■ 災害前後における後方散乱強度の変化を赤とシアンで表示



光の三原色



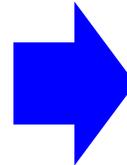
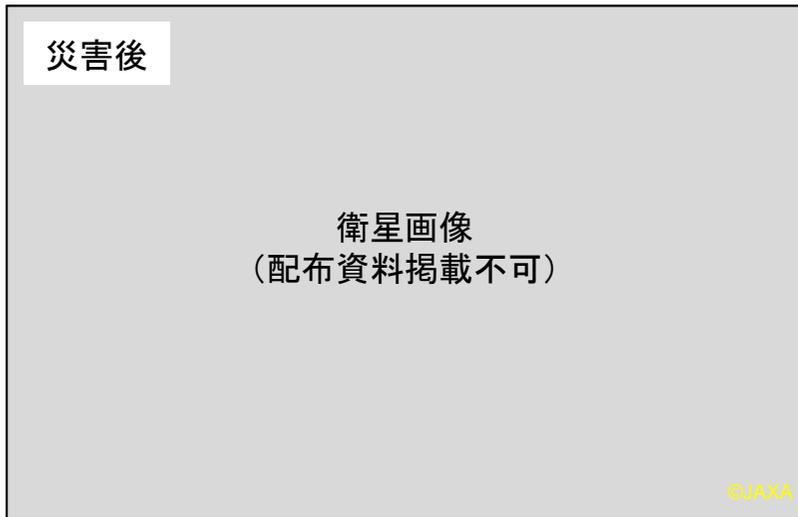
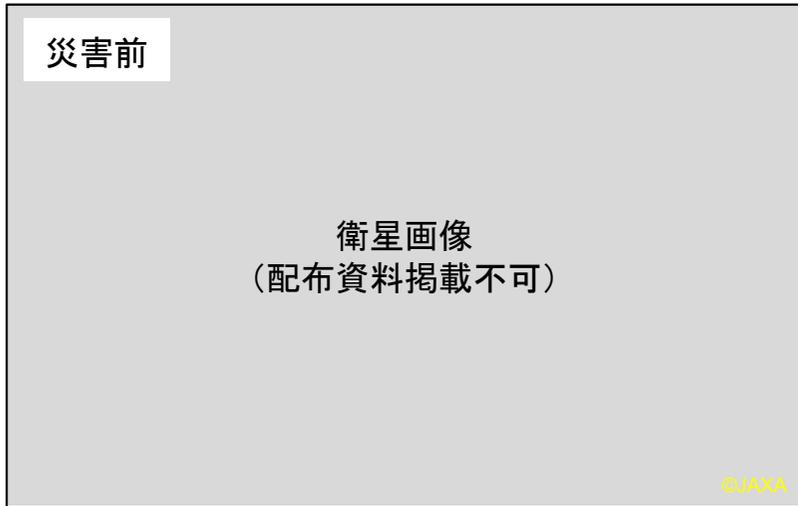
後方散乱強度の変化イメージ

カラー合成画像の色		色の解釈	例
白	⇔	災害前後とも後方散乱強度が大きく、 災害前後における変化なし	森林、宅地、農地など
黒		災害前後とも後方散乱強度が小さく、 災害前後における変化なし	海面、湖面などの水域
赤		災害後に後方散乱強度が低下	崩壊斜面、水田の湛水など
シアン		災害後に後方散乱強度が増加	土砂流出、漂流物など

②衛星SARを用いた土砂災害判読調査に関する研究

(6)強度差分SAR画像の事例

単偏波SAR画像



強度差分SAR画像



単偏波画像(モノクロ画像)



強度差分SAR画像(カラー画像)

崩壊地が**赤**、土砂流出等を**シアン**で表現

②衛星SARを用いた土砂災害判読調査に関する研究

(7)研究開発成果の活用状況

■ 衛星SAR判読の手順、知見をマニュアル化した国総研資料を公開し、地方整備局が行うSAR判読研修を支援することで、令和5年度からは地方整備局において衛星SAR判読が実施されるようになった。

専門課程 大規模土砂災害緊急調査研修
衛星画像データ判読技術

合成開口レーダー(SAR)を用いた
土砂災害判読調査の概要

令和4年12月12日

国土技術政策総合研究所
土砂災害研究部 土砂災害研究室

ISSN 1344-7328
国総研資料 第1110号
令和2年4月

国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management
No.1110 April 2020

合成開口レーダー(SAR)画像による土砂災害判読の手引き

森本大和、松田日之、滝口茂隆、野村康弘、山下久美子、中谷洋明

Checklist for the interpretation of rock-landslides
by synthetic aperture radar (SAR) images

Yamada HISAKO
Moriyoshi KAZUHARU
Shigenaka TAKAHIRO
Yamabe EUMITSA
Tomiko YAMASHITA
Hiroshi SAKEDA

国土交通省 国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

4 SAR画像による土砂災害判読調査
強度差分SAR画像を用いた土砂災害判読調査

■ チェックリストの活用例

判読項目	判読方法	判読結果	判読者	判読日
1. 斜面崩壊の発生	強度差分SAR画像を用いた判読	発生	森本大和	2022.12.12
2. 崩壊による土砂の堆積	強度差分SAR画像を用いた判読	発生	森本大和	2022.12.12
3. 河川閉塞の形成	強度差分SAR画像を用いた判読	発生	森本大和	2022.12.12
4. SAR画像から判読不可	SAR画像から判読不可	判読不可	森本大和	2022.12.12

判定結果

実装

国土交通省 近畿地方整備局
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Kinki Regional Development Bureau

Press release

令和5年8月16日 16時00分
資料配布 近畿地方整備局
紀伊山系砂防事務所

砂防、地域と共に

人工衛星(だいち2号)により天然ダムの発生や土砂を捕捉した砂防堰堤を迅速に調査
～台風7号における大規模土砂災害の発生調査実施～

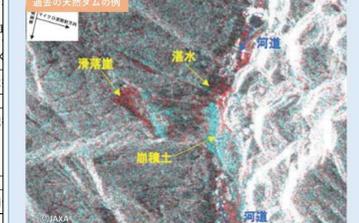
台風第7号により、8月14日から紀伊山系では、大雨が発生しています。このため、台風通過後の16日深夜より、人工衛星による地表観測を行い天然ダムの発生調査と土砂を捕捉し、除石が必要となった砂防堰堤がないか点検を実施します。

人工衛星(だいち2号)による天然ダムおよび緊急に除石が必要な砂防堰堤の確認方法

天然ダムの発生の確認

【確認方法】

- 大規模土砂崩壊は、数万㎡級の面積規模でのデータ変化を分析
- 天然ダムは、谷と谷に隣接した斜面でのデータ変化を分析



発生の有無を数時間で確認!

緊急に除石が必要な砂防堰堤の確認

【確認方法】

- 砂防堰堤上流とその谷筋でのデータ変化を分析
- 管内100基以上の堰堤を対象に、発生の有無を確認



変状の有無を数時間で確認!

※今年6月に発生した台風2号に伴う降雨時にも、翌日に同様の調査を紀伊半島において実施し、天然ダムの発生の恐れがないことを短時間で確認しています。

地方整備局職員向けの研修資料と国総研資料の一部

台風通過直後の点検を地整が実施、公表
(R5年8月台風7号通過後に近畿地方整備局がSAR判読を実施した例)