

資料

令和5年度第5回国土技術政策総合研究所研究評価委員会

分科会（第一部会） 議事次第・会議資料

令和5年度第5回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第一部会）

議事次第

日時：令和5年10月31日（月）

場所：WEB開催

1. 開会
2. 国総研所長挨拶
3. 分科会主査挨拶
4. 評価方法・評価結果の扱いについて
5. 評価
 - ＜令和4年度終了の事項立て研究課題の終了時評価＞
 - ・ダムで計測された地震動データを活用した被災状況推定システムの開発
 - ・人工衛星データの統合活用による植生による土砂災害防止評価に関する研究
 - ・がけ崩れ災害緊急対応のための意思決定支援システムの開発
6. 国総研研究総務官挨拶
7. 閉会

会議資料

	頁
資料1 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第一部会）委員一覧	159
資料2 評価方法・評価結果の扱いについて	160
資料3 研究課題資料	
3-1 ダムで計測された地震動データを活用した被災状況推定システムの開発	161
3-2 人工衛星データの統合活用による植生による土砂災害防止評価に関する研究	170
3-3 がけ崩れ災害緊急対応のための意思決定支援システムの開発	176

注) 資料3については、研究評価委員会分科会当日時点のものである。

注) 資料3の一部の図表等について、著作権等の関係により非掲載としている。

国土技術政策総合研究所研究評価委員会 分科会
(第一部会) 委員一覧

第一部会

主査

里深 好文

立命館大学工学部環境都市工学科 教授

委員

鼎 信次郎

東京工業大学環境・社会理工学院
土木・環境工学系 教授

齋藤 哲郎

(一社)建設コンサルタンツ協会 技術委員会委員長
大日本ダイヤコンサルタント株式会社
取締役 専務執行役員 技術本部長

関本 義秀

東京大学空間情報科学研究センター 教授

田村 圭子

新潟大学危機管理本部危機管理センター 教授

戸田 祐嗣

名古屋大学大学院工学研究科 教授

中島 典之

東京大学環境安全研究センター 教授

濱岡 秀勝

秋田大学大学院理工学研究科 教授

※五十音順、敬称略

評価方法・評価結果の扱いについて

（第一部会）

1 評価の対象

令和4年度に終了した研究課題の終了時評価

2 評価の目的

「国の研究開発評価に関する大綱的指針」、「国土交通省研究開発評価指針」に基づき、外部の専門家による客観性と正当性を確保した研究評価を行い、評価結果を今後の研究の目的、計画等へ反映することを目的とする。

3 評価の視点

必要性、効率性、有効性の観点を踏まえ、「目標の達成度」について終了時評価を行う。

【必要性】科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、目的の妥当性等

【効率性】計画・実施体制の妥当性等

【有効性】目標の達成度、新しい知の創出への貢献、社会・経済への貢献、人材の育成等

評価にあたっては、研究開発課題の目的や内容に応じ、研究課題毎に初期、中期、後期の段階に振り分け、それぞれの段階に応じて、以下の留意すべき点を踏まえた評価を行う。

初期段階：先進的あるいは挑戦的な取組

中期段階：実用化に向けた取組

後期段階：普及あるいは発展に向けた取組

4 進行方法

（1）評価対象課題に参画等している委員の確認

評価対象課題に参画等している委員がいる場合、対象の委員は当該研究課題の評価には参加できない。（該当なし）

（2）研究課題の説明（10分）

（3）研究課題についての評価（20分）

① 主査及び各委員により研究課題について議論を行う。

② 審議内容、評価等をもとに、主査が総括を行う。

5 評価結果のとりまとめ及び公表

評価結果は審議内容、評価用紙等をもとに、後日、主査名で評価結果としてとりまとめ、議事録とともに公表する。

なお、議事録における発言者名については個人名を記載せず、「主査」、「委員」、「事務局」、「国総研」等として表記する。

6 評価結果の国土技術政策総合研究所研究評価委員会への報告

本日の評価結果について、今年度開催される国土技術政策総合研究所研究評価委員会に分科会から報告を行う。

ダムで計測された地震動データを活用した 被災状況推定システムの開発

研究代表者	: 河川研究部長 松木洋忠
課題発表者	: 大規模河川構造物研究室長 櫻井寿之
研究期間	: 令和3年度～令和4年度
研究費総額	: 約20百万円
技術研究開発の段階	: 中期段階



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN



1. 研究開発の背景・課題

背景

- ✓ 今後30年間で南海トラフ地震が発生する確率は70～80%とされ、**広範囲で大規模地震の切迫性**が高まっている。
- ✓ 大規模地震により万一**ダムが重大な被害**を受けた場合、**直接被害に加え、治水機能や水供給への影響が長期に及ぶ。**
- ✓ 大規模地震時には多数のダムへの影響を把握し、**必要な支援体制の早期構築**が求められる。
- ✓ 多くのダムで**地震動データ**を取得しているが、現在は最大加速度値を個々のダムの臨時点検要否の判断に利用しているが、**被害予測への活用**や、地震動データが持つ多様な情報の直接的な活用ができていない。

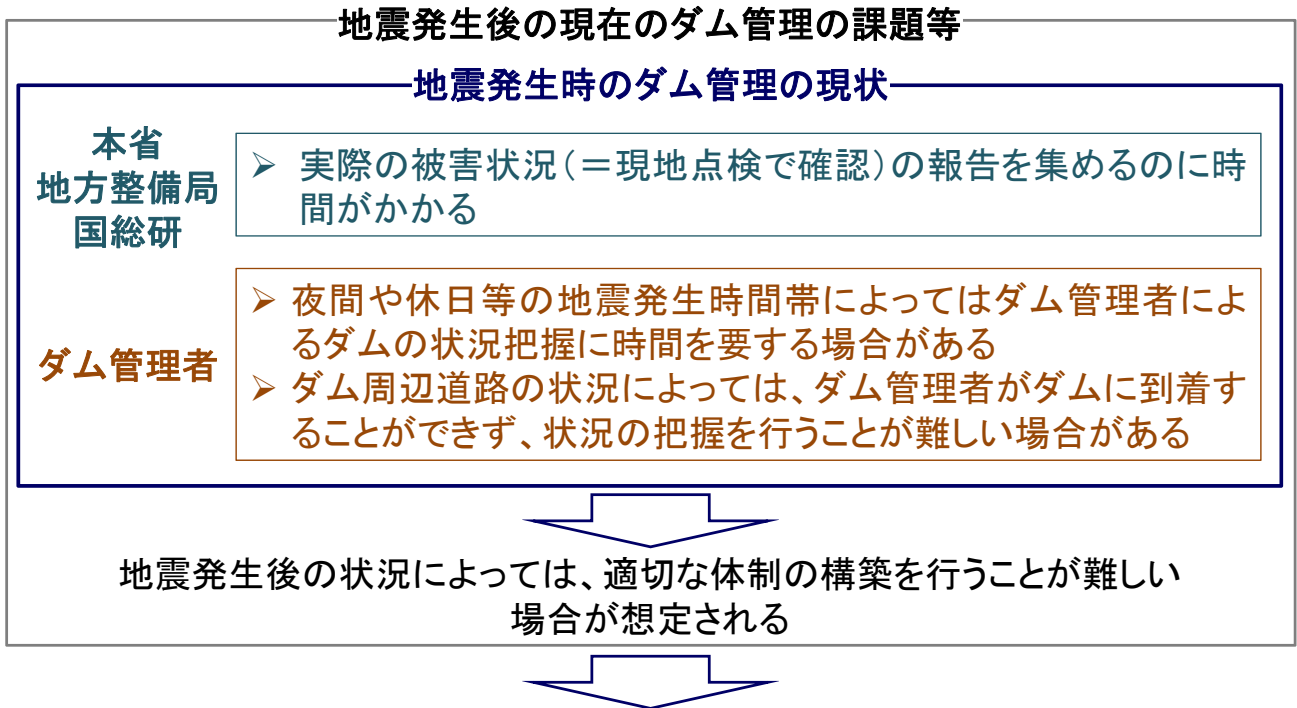


複数のダムの被害可能性を、地震動データから推定し、点検の優先順位付けをした上で必要な支援体制の早期構築を実現するための
ダム被災状況推定システムの構築



1. 研究開発の背景・課題

課題



ダム被災状況推定システムにより地震発生直後予想される被害の有無や程度等を推定、関係者間での情報共有を早期に行うことにより課題の解決を図る

3



2. 研究開発の目的・目標

目的・目標

【アウトプット】

- ・「ダム被災状況推定システム」の設計及び試作版の作成

【アウトカム】

- ・国土交通本省、各地方整備局、ダム管理所の間での地震動観測情報等の共有化による、点検の優先順位付けをした上で必要な支援体制の早期構築

必要性

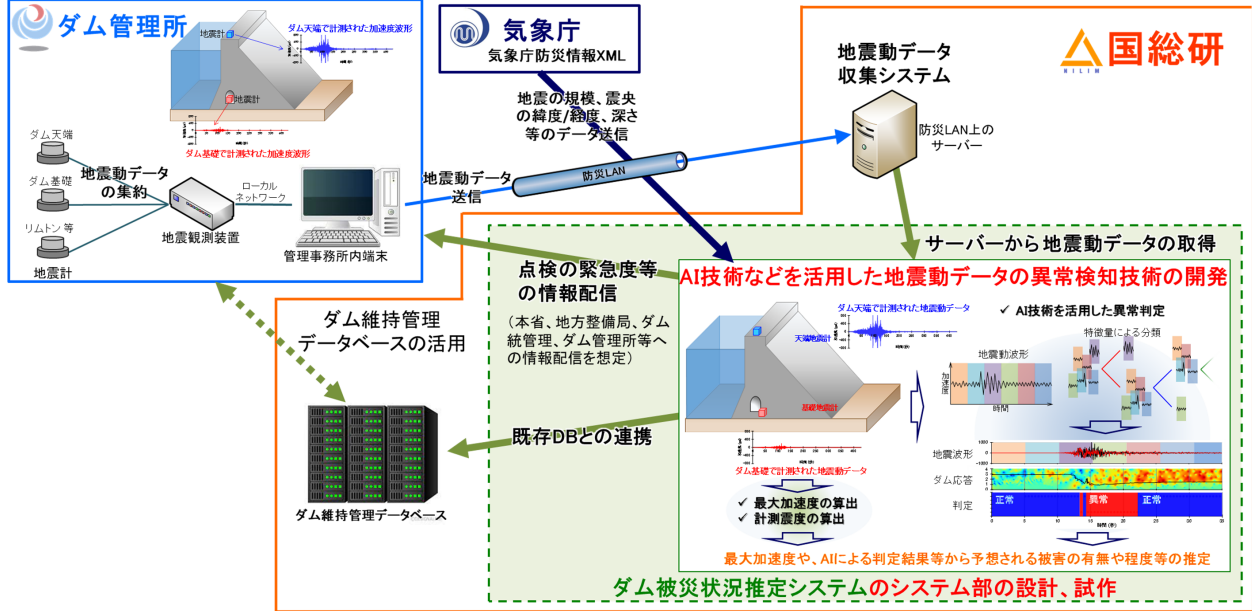
大規模地震発生後、夜間や休日等の地震発生時間帯、ダム周辺等の被災状況によっては、ダム管理者によるダムの状況把握に時間を要する場合がある。また、本省等による被害状況の収集にも時間を要し、**広範囲に被害が発生**することが想定される**大規模地震発生後**の状況によっては、**適切な支援体制の構築を行うことが難しい**ことが想定される。

そのため、大規模地震発生後の**支援体制の早期構築**を行うために、**複数のダムの被害可能性を把握**する必要がある。

4

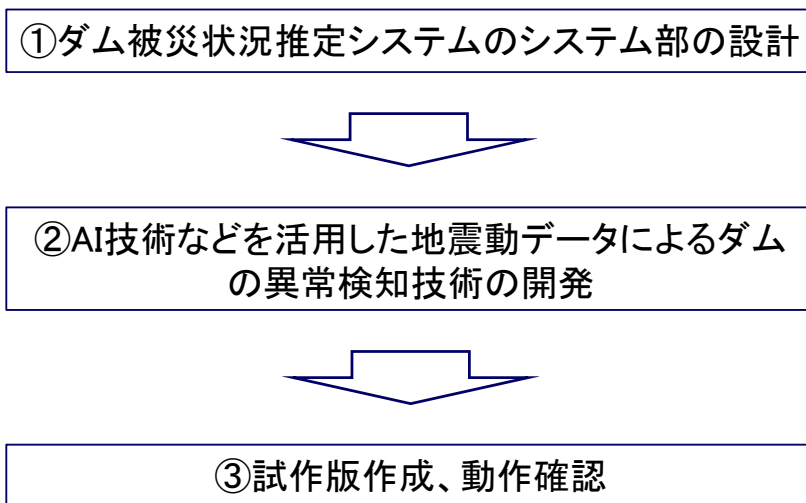
研究開発の概要

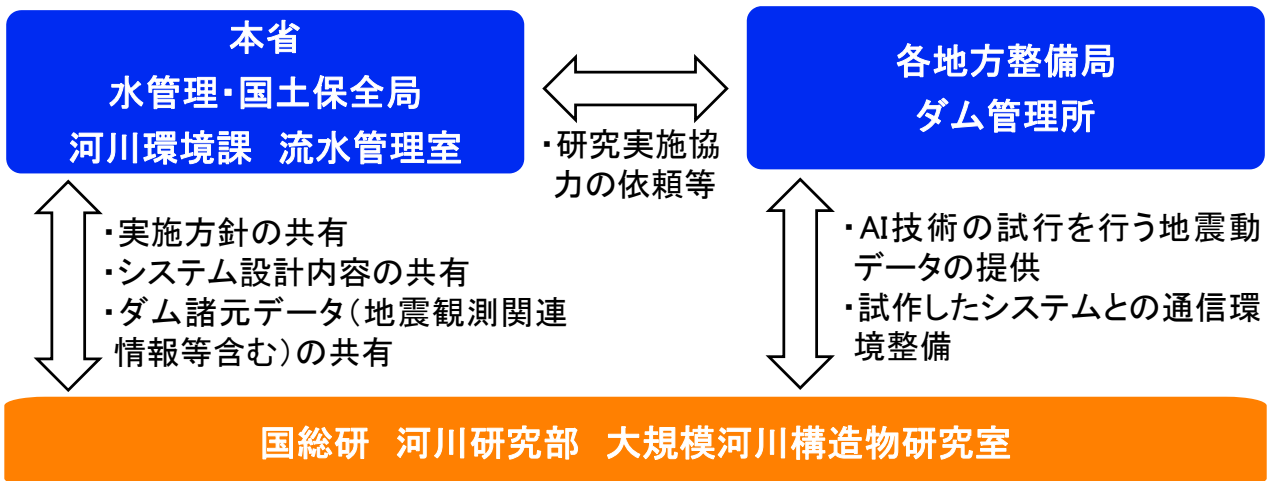
地震発生時にダムで観測される地震動データを国総研に自動的に収集するシステム(地震動データ収集システム)と連携し、地震の影響(被害の有無や程度)を推定し、ダム管理関係機関に早期に情報提供を行う「**ダム被災状況推定システム**」の設計と試作を行う。



■: 本開発の実施範囲

研究開発の構成





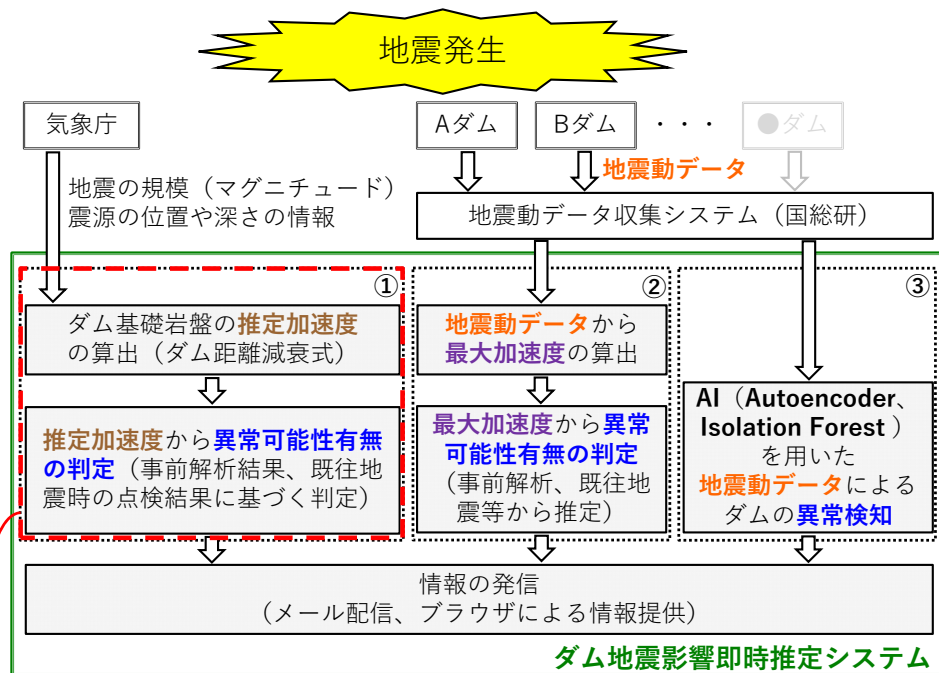
効率性

既存の地震動データ収集システムや既設地震計等のインフラと、新技術の活用により、効率的に研究を実施した。

ダムの被災状況推定に必要な基本情報(ダムの位置情報や、ダム近傍の気象庁観測点等)は、本省で定期的に行っている全国ダムの諸元等調査に含めて実施し、効率的に情報の収集を行った。

7

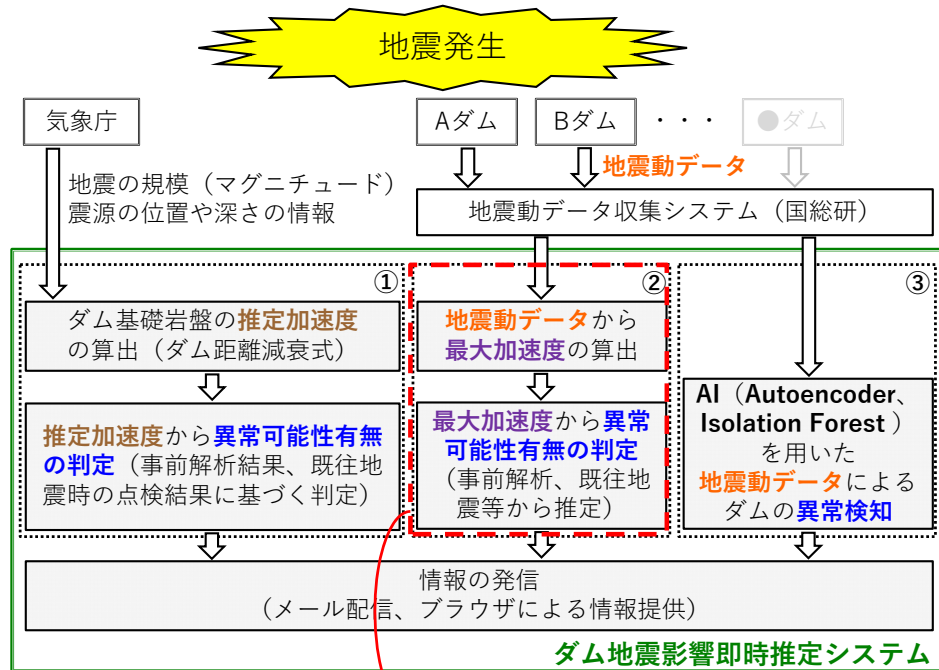
■ダム被災状況推定システムの概要



①地震発生直後に気象庁から得ることのできる地震の規模、震源の位置や深さ等の情報から、ダム距離減衰式を用いてダム基礎岩盤の加速度を推定し、事前解析結果や既往地震時の点検結果に基づいた異常可能性の有無の判定を行う。(既存システムを利用してシステムの再構築)

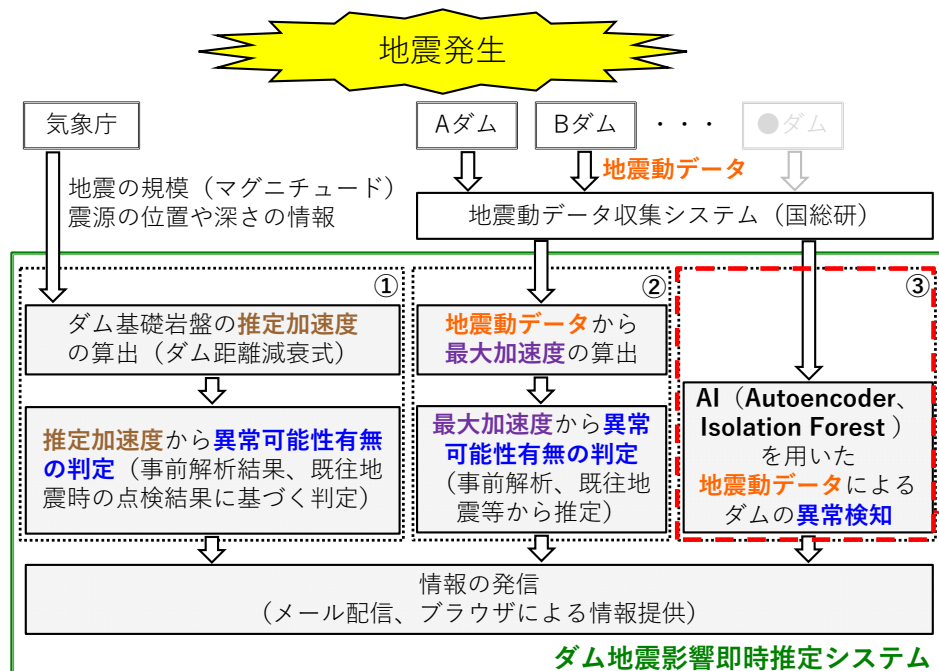
8

■ダム被災状況推定システムの概要



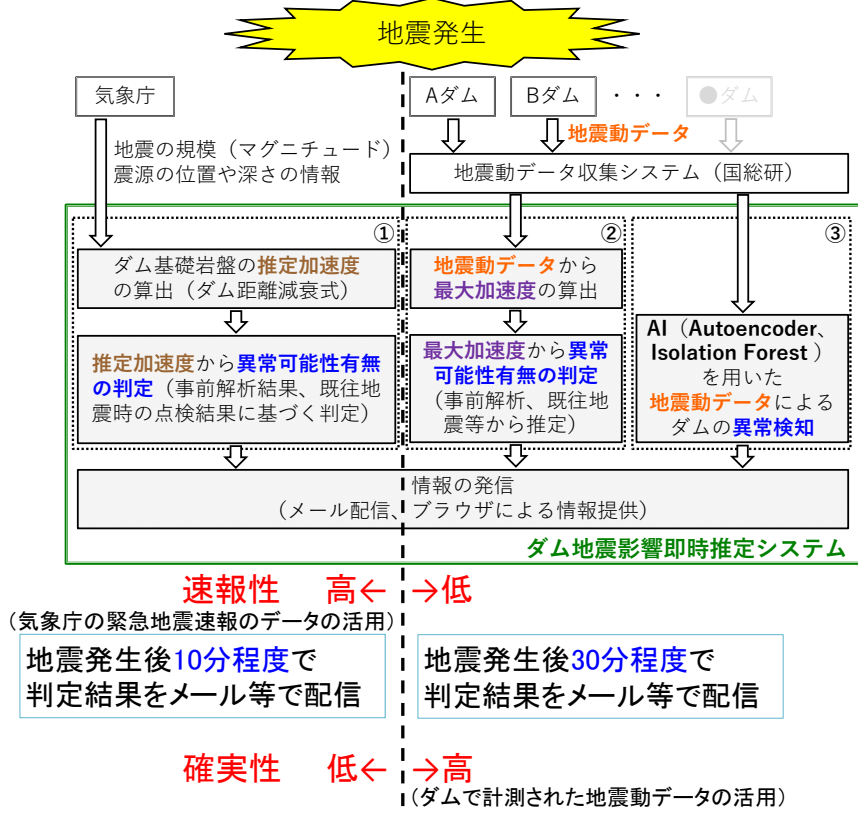
②ダムで観測された地震動データを別途国総研で整備を行った地震動データ収集システムを通じて収集し、地震動データから算出した最大加速度から、事前解析結果や既往地震時の点検結果に基づいた異常可能性の有無の判定を行う。

■ダム被災状況推定システムの概要



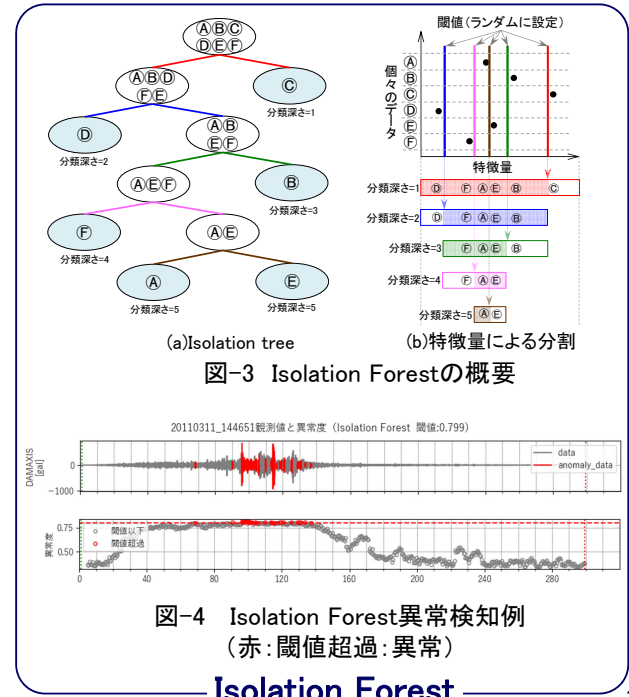
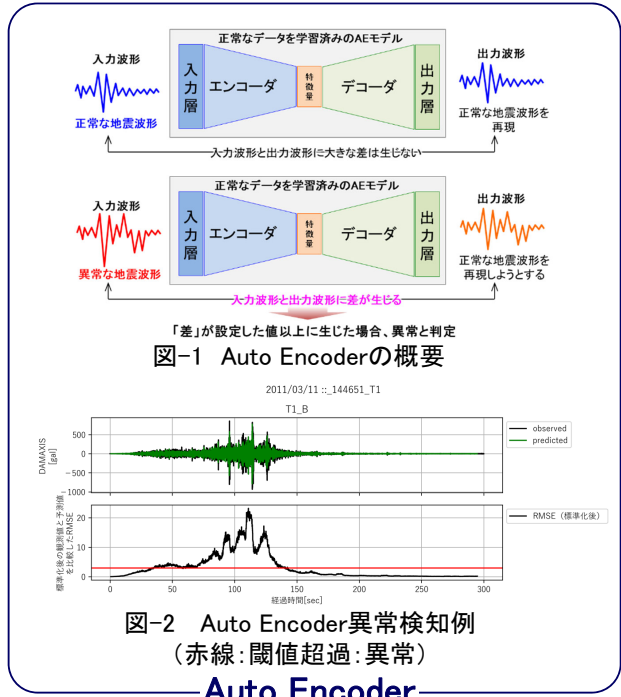
③ダムで観測された地震動データを別途国総研で整備を行った地震動データ収集システムを通じて収集し、AI技術を活用した地震動データによるダムの異常検知を行う。
(今後蓄積される地震動データを効率的に用いるための基本的な検討としてAIを活用。)

■ダム被災状況推定システムの概要



■地震動データによるダムの異常検知に用いたAI技術

ダムで取得される地震記録のうち、堤体応答が反映される上部(天端)での観測記録をもとに、AI技術を用いた異常検知について試行を行った。試行を行ったAI技術は、Auto EncoderとIsolation Forestを用いた。(それぞれのAI技術の詳細については参考資料に記載。)



■AI技術の試行例

重力式コンクリートダムで計測された、異常の無い60波形の地震動データを**正常データ**として、学習。

「**基礎加速度の最大値が25gal 以上かつ、ピーク前後で一次固有振動数が低下***」する地震動データを**異常データ**として、異常検知の試行。

※ダムに発生したひび割れや、ダムの継ぎ目の開きなどによる、ダムの固有振動数の低下を想定。

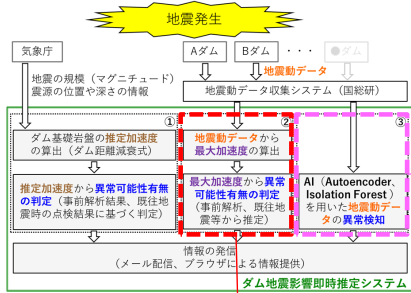
学習データ以外の、地震動の**異常データ**と**正常データ**をAuto EncoderとIsolation Forestで評価。試行の結果、AEによる異常判定がIFに比べて検知割合が高い結果となった。

表-1 試行結果の例

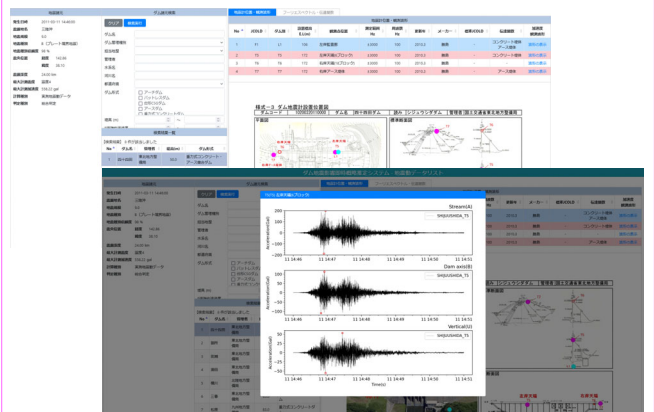
AIの手法		Auto Encoder			Isolation Forest		
項目	ダム名	波形数 (実績)	AEによる異常検知数	検知割合	波形数 (実績)	IFによる異常検知数	検知割合
異常データ (固有振動数の変化あり)	Aダム	5	5	100%	5	4	80%
	Bダム	4	3	75%	4	1	25%
	Cダム	0	0	-	0	0	100%
	計	9	8	88%	9	5	56%
正常データ (固有振動数の変化なし)	Aダム	7	0	0%	7	0	0%
	Bダム	8	0	0%	8	0	0%
	Cダム	12	0	0%	17	0	0%
	計	27	0	0%	27	0	0%

なお、現時点では特定のダムで試行を実施した。試行を継続・拡大しつつ、学習用データを蓄積することにより、異常検知の精度をより向上させていく。

■動作確認事例(システム画面での表示例)

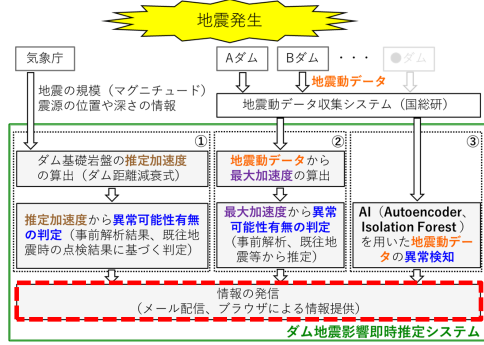


地震動データのAIを活用した異常検知例

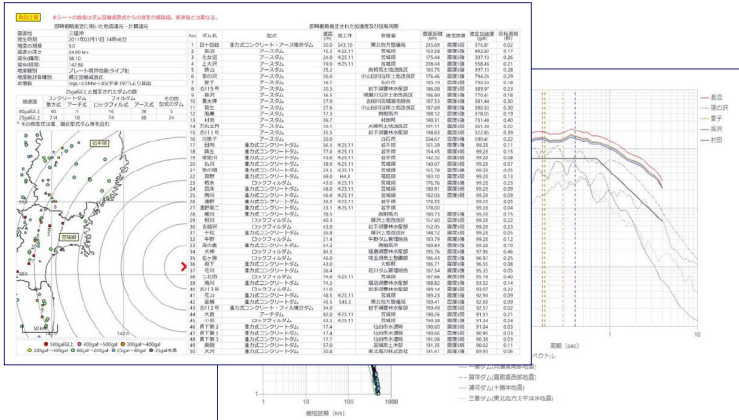


各種情報の表示例

■動作確認事例(メール配信例、推定加速度からの異常可能性有無の判定)

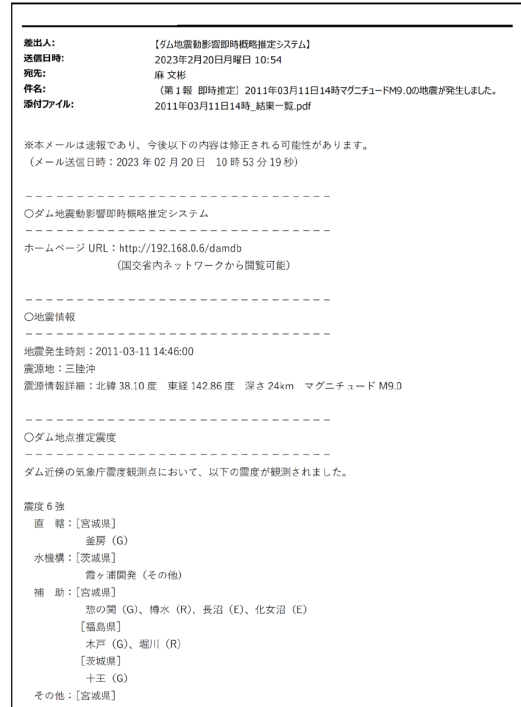


ダム被災状況推定システムの概要



メールに添付される推定加速度等の情報の例

試験配信中



配信されるメールの例 (推定加速度からの異常可能性有無の判定) 15

■成果普及の取り組み

- 本省流水管理室主催で実施している、ダム管理担当者会議にて、「ダム被災状況推定システム」の説明をするとともに、システムを稼働させるにあたりダム側で必要となる「地震動データ収集システム」導入をすすめる。地震動データ収集システムによる地震動データの収集を行い、学習用データを蓄積することにより、異常検知の精度をより向上させていく。

■今後の予定

- ダム被災状況推定システムの安定性向上
 - システムの安定性を向上するために、一部システムの修正などを行う。
 - 地震動データを収集する「地震動データ収集システム」の地震動データ名設定方法の改良を実施予定(R5年度中に実施)
 - 地震動データ仕様の統一(R5年度以降、ダムDX関連業務で検討)

■発表論文等

- 櫻井寿之、小堀俊秀、松下智祥:ダムで計測された地震動データを活用した被災状況推定システムの開発、令和4年度 国土技術政策総合研究所年報、2023.
- 小堀俊秀、櫻井寿之、松下智祥:ダムで観測された地震動データの収集とその有効活用に向けた取り組み、土木技術資料、Vol.65、No.12、2023.(執筆中)

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等)	目標の達成度	備考
国土交通本省、各地方整備局、ダム管理所の間での地震動観測情報等の共有化による状況の把握	「ダム被災状況推定システム」の設計及び試作版の作成	<ul style="list-style-type: none"> ダム被災状況推定システムの構築 AI技術の、Auto EncoderとIsolation Forestを用いた、ダムで観測された地震動データによるダムの異常検知技術 	<ul style="list-style-type: none"> 本省流水管理室主催で実施している、ダム管理担当者会議にて、「ダム被災状況推定システム」の説明をするとともに、システムを稼働させるにあたりダム側で必要となる「地震動データ収集システム」導入を進める。地震動データ収集システムによる地震動データの収集を行い、学習用データを蓄積することにより、異常検知の精度をより向上させていく。 	◎	

有効性

- 大規模地震発生時にダムにおける被害の予測を行うことにより、危機管理体制（初動体制）の早期構築による地震の影響の最小化に資する。

人工衛星データの統合活用による 植生による土砂災害防止評価に関する研究

研究代表者	:	土砂災害研究部長 田村 毅
課題発表者	:	土砂災害研究室長 瀧口 茂隆
研究期間	:	令和3年度～令和4年度
研究費総額	:	約20百万円
技術研究開発の段階	:	初期段階



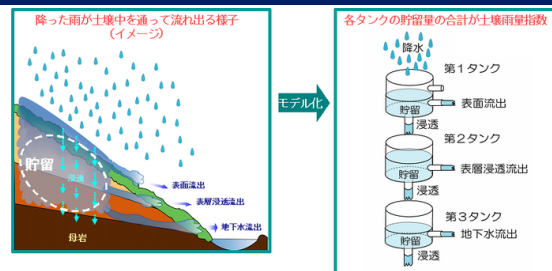
National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN



1. 研究開発の背景・課題

背景

- 土砂災害を引き起こすような豪雨時には、1kmメッシュ毎に計算した雨量強度や土壌雨量指数等を参考に土砂災害警戒情報が発表され、警戒避難体制が構築される。しかし、豪雨後、広域的に土砂災害リスクの低下を評価し、いつ警戒避難体制を解除するかについて明確な基準はない。
- 広域的に土砂災害リスクの低下を評価するためには、土砂移動現象の発生場である斜面の水文状態の変化を把握する必要がある。
- 土壌雨量指数は降雨の地盤浸透をモデル化しており、ある程度は実際の斜面の水文状態を反映していると考えられるものの、どこまで正確に反映しているかは定かではない。
- 広域かつ高頻度に斜面の水文状態を把握するための資料として、人工衛星のデータが活用できる可能性があり、植生の活性度や地表面温度は、斜面の水文状態を反映している可能性がある。



土壌雨量指数:

土層をモデル化した3段のタンクの貯留量の合計値。解析雨量を入力値として、1km²ごとに集計。鉛直浸透のみを考慮しており、地形に応じた地下水の水平移動等は考慮していない。

図-1. 土壌雨量指数

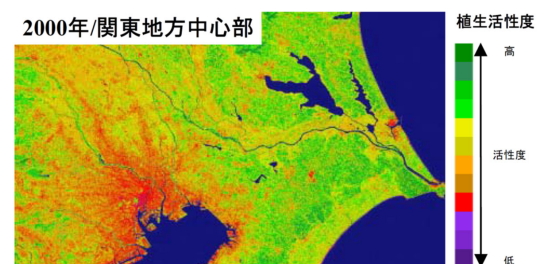


図-2. 人工衛星データの植生活性度の例

課題

- 現在用いられている土壌雨量指数等とそれらを補完する情報を併せて考慮することで、土砂災害リスクの低下を総合的に評価できる方法の開発。



2. 研究開発の目的・目標

目的・目標

- 人工衛星によって広域的に取得できるデータのうち、従来から土壌水分との関係が調べられている植生の活性度や地表面温度が、斜面の水文状態の変化を表す指標として活用できるかどうか、その可能性を検討する。
- これにより人工衛星データも活用して土砂災害リスクの低下を総合的に評価する方法の開発を目指す。

必要性

- 土砂災害による人的被害を軽減するためには、実効的な警戒避難体制を確立することが必要である。本研究の技術が確立すれば、土砂災害リスクの低下を総合的に評価でき、豪雨後の警戒避難体制の解除の判断に資する基礎資料として役立てることができる。

3



3. 研究開発の概要・構成

①斜面の水文状態を把握するための衛星データの選定

先行研究等を参考に、検討に用いる衛星データを選定。

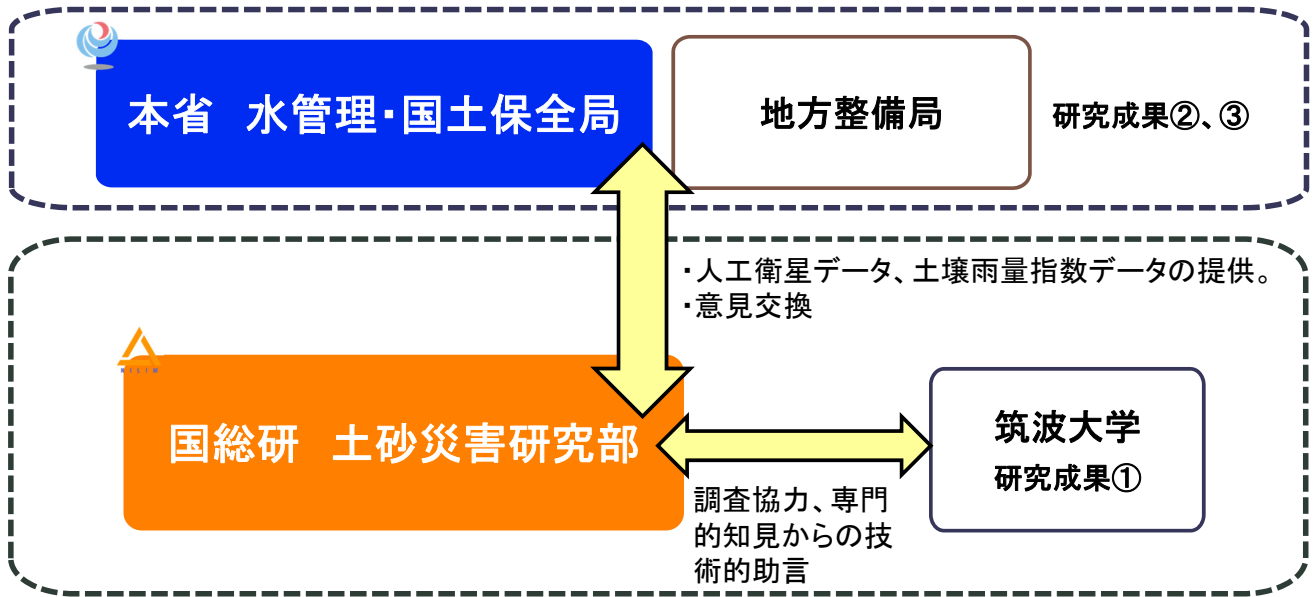
②衛星データと水文指標の比較分析

①で選定した衛星データと水文指標(土壌雨量指数)を比較し、広域的に斜面の水文状態を表す可能性がある衛星データを選定。

③衛星データを用いた広域的な斜面水文状態把握手法の提案

②で選定した衛星データを用いて、広域的に斜面の水文状態を把握する手法を提案。

4



効率性

- 実施に際し、専門的な知見を有する大学の有識者にヒアリングを行い、検討の候補となる衛星データについての情報を事前に整理した上で分析を進めた。
- 実施に必要な人工衛星データ、水文観測データは、可能な限り他機関からの貸与・提供により収集することで効率的に研究を実施した。

5

- 有識者へのヒアリングや先行研究の文献調査から、斜面の水文状態を表しうる衛星データの中から時空間分解能に優れた衛星・指標を、検討に用いるデータとして選定した(表-1)。

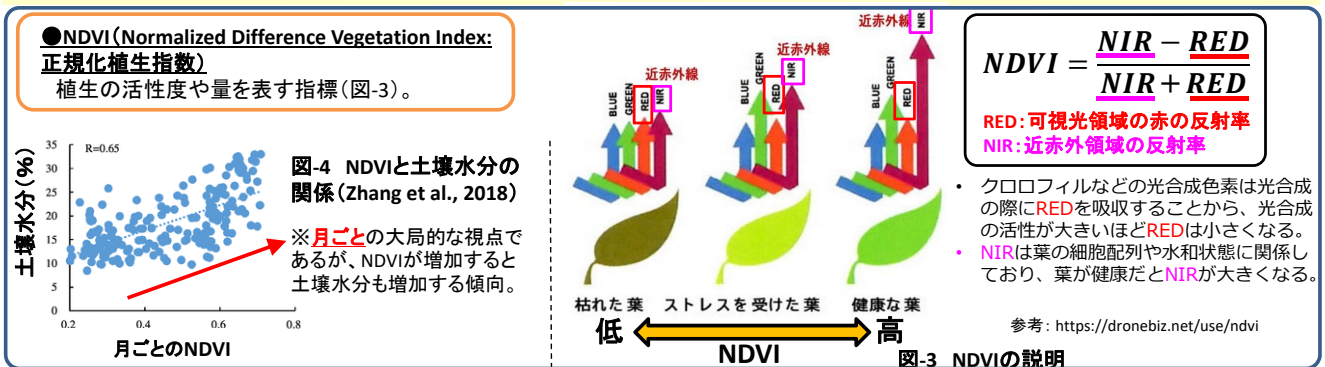


表-1 検討に用いる衛星データの候補

衛星	指標	時間分解能 (水文指標の時々刻々の変化を追うため、概ね数時間以内を目安に選定)	空間分解能 (土壌雨量指数を参考に、概ね1km程度を目安に選定)
Terra (MODIS)	NDVI (正規化植生指数)	1~2日	250m
	LST (地表面温度)	1~2日	1000m
	蒸発散量	8日(合計)	500m
しきさい (GCOM-C)	NDVI (正規化植生指数)	1~2日	250m
	LST (地表面温度)	1~2日	250m
しずく(GCOM-W)	土壌水分量	12時間	50km
ひまわり	NDVI (正規化植生指数)	2.5分	1000m
	LST (地表面温度)	2.5分	2000m
	LST残差	2.5分	2000m
Landsat-8	NDVI (正規化植生指数)	16日	30m
	LST (地表面温度)	16日	30m

●LST残差 ※LST: Land Surface Temperature

LSTは地表面の温度のこと。LSTは気温の影響を受けることから、本検討ではLSTから気温の影響取り除くため、LSTから気温を差し引いた指標をLST残差として用いた。

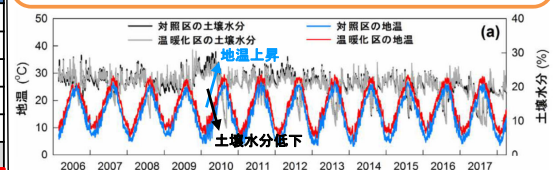


図-5 地温と土壌水分の関係(国立環境研究所, 2018)

※年単位の大局的な視点であるが、地温が上昇する時期に土壌水分が減少する傾向が見られることから、LSTと土壌水分についても同様に傾向が想定される。

6

土壤雨量指数が斜面の水文状態の変化をある程度は反映しているという作業仮説の下、土砂災害リスクの低下を評価する手法として、まずは比較対象として土壤雨量指数を使用することとし、衛星で取得できる観測頻度が高いデータと土壤雨量指数の関係性を分析した。

【NDVIと土壤雨量指数の比較】

仮説: 土壤雨量指数が低下するにつれてNDVIが減少する。

結果: NDVIと土壤雨量指数を比較した結果、一部に想定した傾向が見られたものの、全体として想定した傾向は見られなかった。むしろ、想定とは逆の傾向(土壤雨量指数が低下するにつれてNDVIが増加する)が見られる部分もあり、一概にNDVIと土壤雨量指数に関係性があるとは言いがたい。現時点で逆の傾向となる理由は不明であり、今後詳細な分析が必要である。

⇒現時点で、NDVIは斜面の水文状態を表す指標としては利用できない。

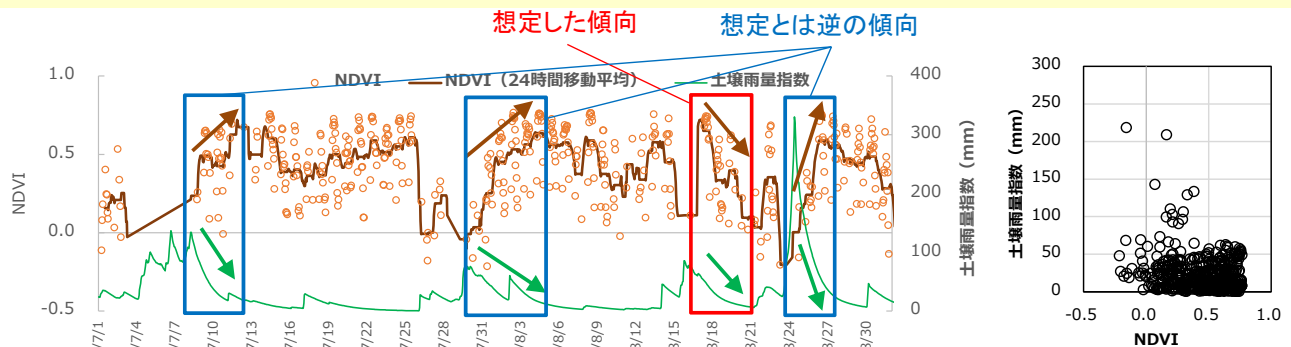


図-6 NDVIと土壤雨量指数の時系列変動

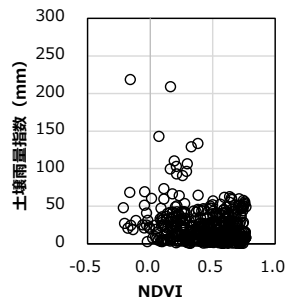


図-7 NDVIと土壤雨量指数の関係 7

【LST残差と土壤雨量指数の比較】

仮説: 土壤雨量指数が低下するにつれてLST残差が増加する。

結果:

- LST残差と土壤雨量指数を比較した結果、土壤雨量指数が大きい間はLST残差が小さな値をとり、その後、土壤雨量指数が低下するにつれてLST残差が上昇するような傾向が見られた(図-8)。
 - LST残差と土壤雨量指数の関係では、土壤雨量指数が一定以上大きい場合に(例えば100 mm以上)、土壤雨量指数が小さくなるとLST残差が大きくなる傾向が見られた(図-9)。
- ⇒LST残差が、土壤雨量指数と連動している可能性があり、土壤雨量指数が大きいような湿潤な状態に限れば、その傾向はより顕著である。

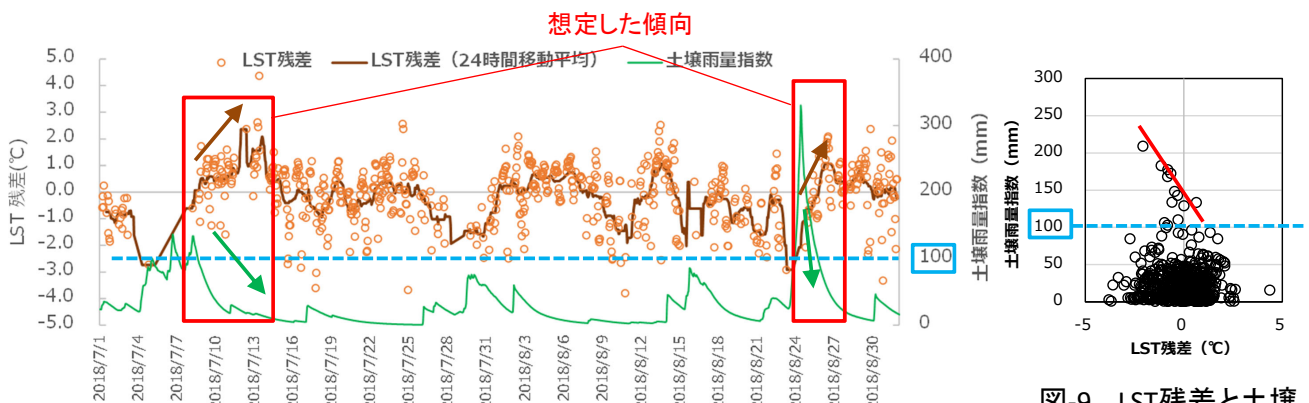


図-8 LST残差と土壤雨量指数の時系列変動

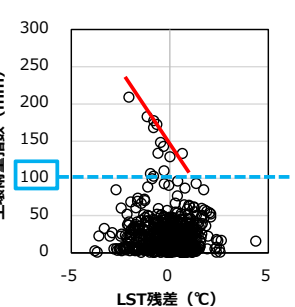


図-9 LST残差と土壤雨量指数の関係 8

斜面の水文状態の変化を広域的に把握する手法を検討するため、降雨イベント後のLST残差と土壌雨量指数の平面的な分布を比較した。

↓

- 降雨イベント後に、土壌雨量指数が低下するにつれて、LST残差が増加する傾向が見られた。
- 8/25 6:00では、土壌雨量指数は南西側で高く北西・南東側で低い。同様の分布傾向がLST残差でも確認できた。

⇒LST残差は、平面的にも土壌雨量指数と同様の傾向を示した。



土壌雨量指数が斜面の水文状態の変化をある程度は反映しているという作業仮説の下では、**LST残差を用いた手法によって、斜面の水文状態の変化を広域的に把握できる可能性がある。**

【今後の課題】

- LST残差が斜面の実際の水文状態を適切に反映しているかどうか、現地実測データを用いて検証が必要。

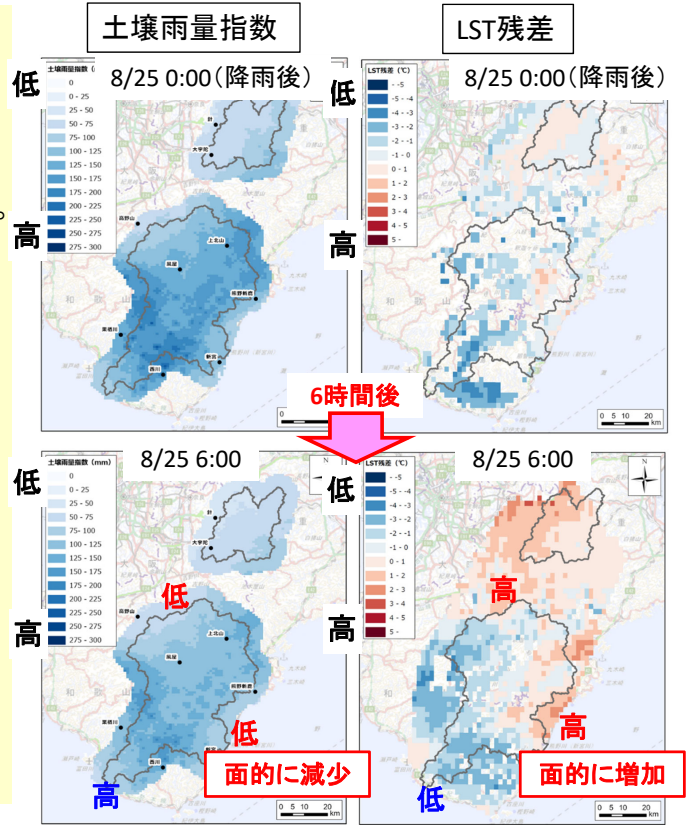


図-10 降雨イベント後のLST残差と土壌雨量指数の平面分布

成果の普及に向けた取り組み・今後の予定

【本研究の到達点】

- 本研究では、人工衛星から取得できるNDVIやLSTのデータを用いて、斜面の水文状態の変化を広域的に把握する手法の開発を試みた結果、植生指標については明瞭な傾向がなかったものの、LST残差を用いる手法によって斜面の水文状態の変化を把握できる可能性があることを示した。

【社会実装に向けた今後の課題・研究の予定】

- 提案した手法は、LST残差が斜面の実際の水文状態の変化を適切に反映しているかどうか、現地実測データを用いて検証が必要であり、引き続き検討を進める必要がある。
- 検証した結果、提案した手法が斜面の水文状態の変化を把握する手法として利用できることが確認された段階で、**豪雨後の警戒避難体制の解除の判断に資する基礎資料として利用する方法を検討する。**

発表論文等		
R5	令和5年度砂防学会研究発表会	衛星データを活用した山地水文状態把握の試み 吉田巧、橋本裕紀、平田育士、柴山卓史、中谷洋明、金澤瑛

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等)	目標の達成度	備考
土壌水分との関係性が知られている植生の活性度や地表面温度のデータを人工衛星によって広域に取得し、それらと斜面の水文状態を表す指標との関係性を分析することで、斜面の水文状態を把握する手法としての人工衛星データの活用可能性を検討する。	①斜面の水文状態を把握するための衛星データの選定	有識者へのヒアリング、先行研究の文献調査から、斜面の水文状態を表しうる指標として、衛星データ、指標の候補を選定した。	本研究成果によって、斜面の水文状態を表しうる指標としてNDVI、LST残差を選定したことから、それらの指標を衛星から取得できる斜面の水文状態を表す指標の候補として位置づける。	◎	
	②衛星データと水文指標の比較分析	<ul style="list-style-type: none"> 現時点ではNDVIを斜面の水文状態を表す指標として利用することは難しいことを確認した。 LST残差が、斜面の水文状態を表す指標として利用できる可能性があり、特に土壌雨量指数が大きいような湿潤な状態では、より顕著にLST残差が斜面の水文状態を反映している可能性があることを確認した。 	本研究成果によって、斜面の水文状態を表しうる指標の候補の中では、LST残差が有効である可能性が考えられたことから、衛星から取得できる広域的な斜面水文状態把握手法の指標としてLST残差を活用する。	◎	
	③衛星データを用いた広域的な斜面水文状態把握手法の提案	<ul style="list-style-type: none"> 土壌雨量指数の平面的な分布と同様の傾向がLST残差の分布でも確認した。 土壌雨量指数が斜面の水文状態の傾向をある程度は反映しているとの作業仮説の下では、LST残差を用いた手法によって、斜面の水文状態を広域的に把握できる可能性が示唆された。 一方、LST残差が斜面の実際の水文状態を適切に反映しているかどうかは現時点で未検証であり、当初設定した目標達成には現地実測データを用いた検証が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 提案した手法には、今後検討すべき課題が残されていることから、引き続き課題の解消に向けて検討を進める。検証した結果、提案した手法が斜面の水文状態の変化を把握する手法として利用できることが確認された段階で、豪雨後の警戒避難体制の解除の判断に資する基礎資料として利用する方法を検討する。 	○	

<目標の達成度> ◎:十分に目標を達成できた。
 △:あまり目標を達成できなかった。

○:概ね目標を達成できた。
 ×:ほとんど目標を達成できなかった。

有効性

本研究では、人工衛星から取得できるデータを用いて、斜面の水文状態を広域的に把握する手法の開発を試みた結果、LST残差を用いる手法によって斜面の水文状態を把握できる可能性を示した。今後検証が必要であるものの、さらに研究を進めることで、広域的に土砂災害リスクの低下を評価できる可能性があることから、豪雨後の警戒避難体制の解除の判断に資する有効な研究であるといえる。

がけ崩れ災害緊急対応のための 意思決定支援システムの開発

研究代表者	:	土砂災害研究部長 田村 毅
課題発表者	:	土砂災害研究室長 瀧口 茂隆
研究期間	:	令和3年度～令和4年度
研究費総額	:	約20百万円
技術研究開発の段階	:	初期段階



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN



1. 研究開発の背景・課題

背景

- 国総研では、土砂災害発生後に地方公共団体の要請に応じて、災害現場の状況調査および二次被害リスク対策等に関する助言を実施。
- 災害現場においては、調査中の事故防止や迅速性を考慮して限られた調査を限られた時間を実施。
- 現在は、災害対応経験が豊富な職員を派遣し、個人の経験を元にリスク評価を一部補完しているが、今後はそのような職員が減少することを懸念している。
- また、限られた調査の結果を元に、短時間で作成した資料で口頭で補足しながら記者会見等で説明するため、正確に理解していただくために時間を要する場合があります。



写真-1 河川を挟んで対岸から崩壊地の状況をレーザー測量器で簡易測量



写真-2 ヘリコプターからの崩壊周辺を含めた全体の状況を調査



写真-3 地方公共団体幹部への調査結果の報告と助言



写真-4 ヘリ写真を用いた記者説明

課題

- 崩壊後の微地形の情報を時間をかけずにできるだけ詳細かつ広範囲に情報収集すること。
- 災害経験が豊富な職員の育成と、経験の少ない職員が豊富な職員に近い水準のリスク評価を行うための支援手法。
- 調査した結果を、簡易に視覚的にわかりやすく表現すること。



2. 研究開発の目的・目標

目的・目標

土砂災害発生直後の専門家による災害状況調査から二次被害リスク対策等に関する助言を行うプロセスに、近年汎用性が高まったUAV(ドローン)やSfM※技術等を取り込む。これにより一連の作業の**効率化**(実施者と支援者の適切な役割分担を含む)とリスク評価の**標準化**、および調査分析結果の関係者への迅速な**共有化**を進めて緊急時の地方公共団体の意思決定支援の高度化を目指す。本研究においては具体的には以下の内容を検討する。

※Structure-from-Motion

- 一般的なUAV(ドローン)で撮影した写真を用いた災害後の斜面の詳細な地形状況の表現図
- 崩壊後の斜面での二次被害リスクにつながる地形情報を特殊な技能を用いず分析・表現する手法
- UAV-SfM解析の3D地形図を用いた崩壊後斜面の残存リスクの表示ガイドライン(案)



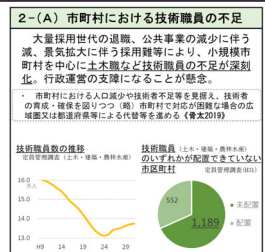
静岡県調査地A



宮城県調査地B

必要性

- 地方公共団体の土木系技術職員が著しく減少しており、経験の少ない災害直後の対応に専門家からの助言を求められる場面が増加することが想定される。
- 現在は、土砂移動現象毎に災害対応経験が豊富な職員を派遣し、個人の経験を元にリスク評価を一部補完しているが、今後はそのような職員が減少することを懸念しており、職員の育成とともに、**経験が不足する職員を支援する技術・手法を確立する必要がある。**



3



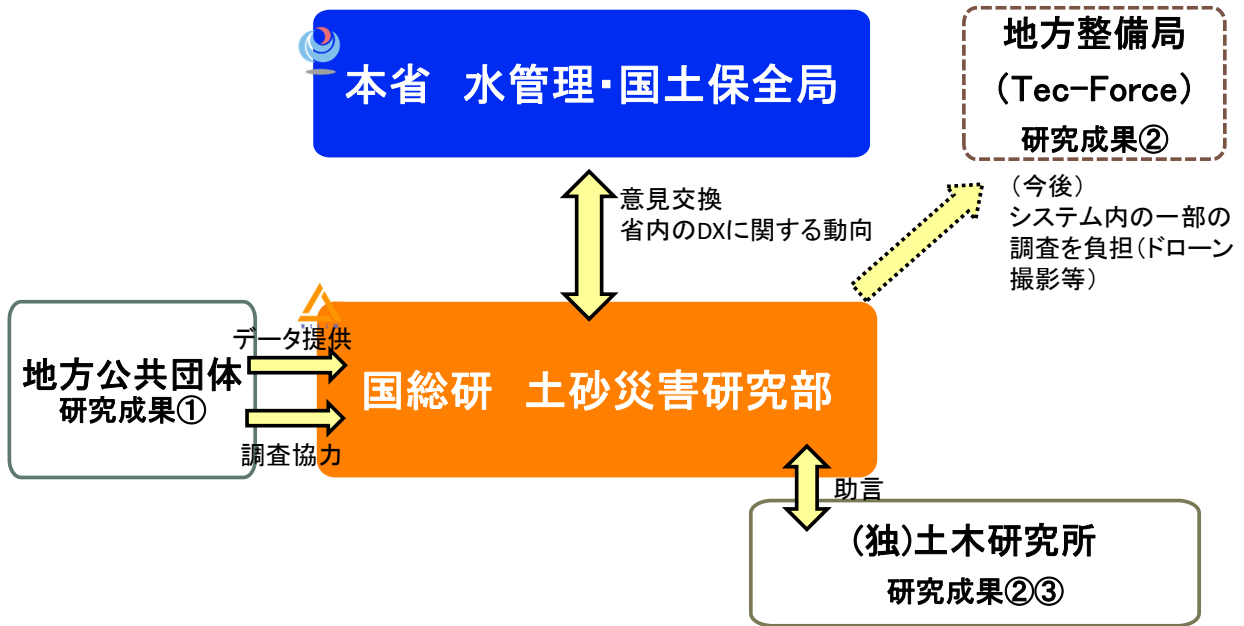
3. 研究開発の概要・構成

- ① 災害発生箇所の詳細地形データ作成及び現地調査
 - i. UAVによる写真撮影と写真を活用した詳細地形データの作成
 - ii. 現地の微地形箇所確認のための現地踏査

- ② 崩壊後の斜面のリスク情報を表現する手法の検討

- ③ UAV-SfM解析の3D地形図を用いた崩壊後斜面の残存リスク表示ガイドライン(案)の作成

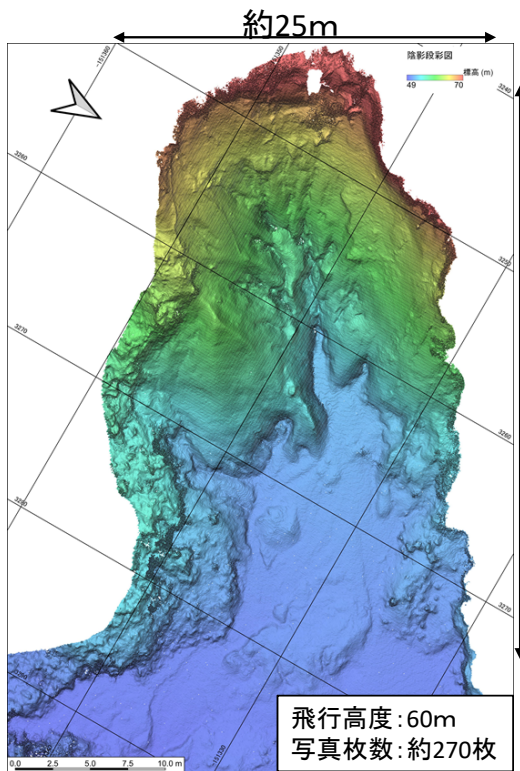
4



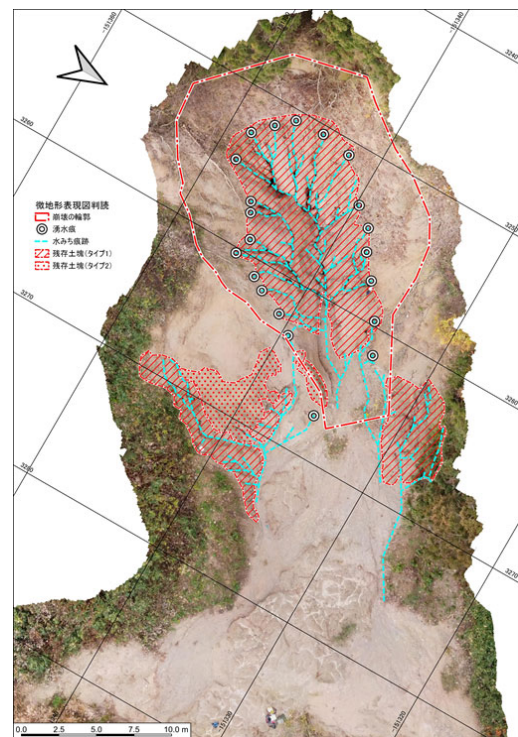
効率性

調査に必要なデータ等は地方公共団体からも収集するとともに、本省砂防部から省内のDXに関する動向や、地すべり災害対策においてUAVを活用した調査に基づき対策の助言を実施している(独)土木研究所土砂管理研究Gから助言をもらう等により効率的に研究を実施した。

- R4年の土砂災害発生箇所において、UAV写真から高解像度な地形データ(5cm未満)を作成できた。
- 併せて現地踏査を実施し、崩壊の輪郭、湧水痕や水みち、残存土塊など現地の詳細な地形を確認した。



調査地Bの地形データ(4cmDEM)



調査地Bの現地踏査結果(背景: オルソ画像)



5. 研究成果: ②崩壊後の斜面のリスク情報を表現する手法の検討 研究成果

- 崩壊後斜面の二次被害の残存リスクとして、「崩壊斜面の拡大」、「残存土砂の崩壊」を想定し、それにつながる着目すべき不安定な地形として、①オーバーハング、②水みち、③残存土塊の3つの微地形に着目。
- これらの3微地形を汎用的なGISソフトを用いて、高度な技量を要しない比較的簡単な分析ツールで表現できる方法を検討し、マップ化した。

①オーバーハング

オーバーハングはDEMでは表現できない

DEMは一つのx-y座標に対して一つのz(標高)しか与えられない

起伏度(Terrain Ruggedness Index)を用いる。

$$TRI = \frac{\sum_{i=-N}^N \sum_{j=-N}^N |Z_{ij} - Z_{00}|}{(n^2 - 1)}$$

$n (=2N+1)$

起伏度が大きい(リスク高)

起伏度

- $\leq 1\sigma$
- $1\sigma - 2\sigma$
- $2\sigma - 3\sigma$
- $> 3\sigma$

②水みち

収束度(Convergence Index)を用いる。

傾斜量や標高を用いる指標よりも、尾根谷をシャープに抽出できる。

(負の値が谷、正の値が尾根を示す)

$$CI = \frac{\sum_{i=-N}^N \sum_{j=-N}^N \theta_{ij}}{(n^2 - 1)} - 90$$

$n (=2N+1)$

θ_{ij} : 両者のなす角

傾斜方向
中心点の方向

水みちリスクマップ

収束度

- $\leq -3\sigma$
- $-3\sigma - -2\sigma$
- $-2\sigma - -1\sigma$
- $> -1\sigma$

地形が収束
↓
水が集まる(リスク高)



5. 研究成果: ②崩壊後の斜面のリスク情報を表現する手法の検討 研究成果

- 3種類の地形特徴指標を表した図とそれぞれをRGBで色付けして合成し、1枚の画像にした総合マップを作成。

③残存土塊/侵食

地形にローパスフィルタ※をかけると、大局的傾向面が得られる

→ 原地形からローパスフィルタ地形を減じると**ローパス残差**、局所的な凹凸だけが残る。

不安定な残存土塊

侵食進行による不安定化

残存土塊/侵食リスクマップ

ローパスフィルタ残差

- $\leq -3\sigma$
- $-3\sigma - -2\sigma$
- $-2\sigma - -1\sigma$
- $-1\sigma - 0.5\sigma$
- $0.5\sigma - 1\sigma$
- $1\sigma - 2\sigma$
- $2\sigma - 3\sigma$
- $> 3\sigma$

↑ 侵食

↓ 残存土塊

ローパスフィルタをかけたDEM

SfMIによるDEM

※高周波数のデータを除去する変換

総合マップ(合成)

①起伏度, ②収束度, ③ローパス残差をRGBの画像にして、加算合成

→ 3成分を一枚の画像で表現

→ 加算法なら、重複しているところも理解が容易

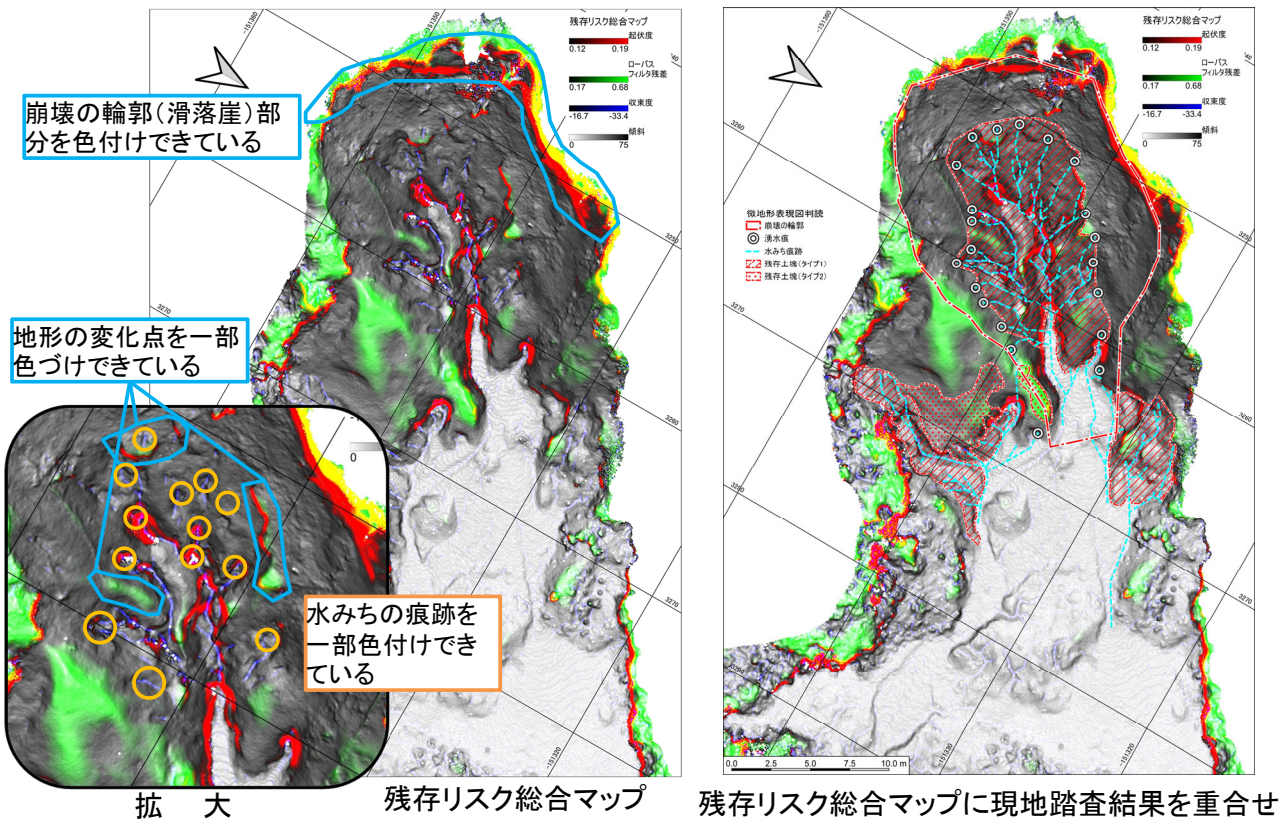
(例: 黄 = 赤 + 緑 → 滑落崖の頭部)

色が濃くなるほど特徴ある地形を表す(リスクが高い)

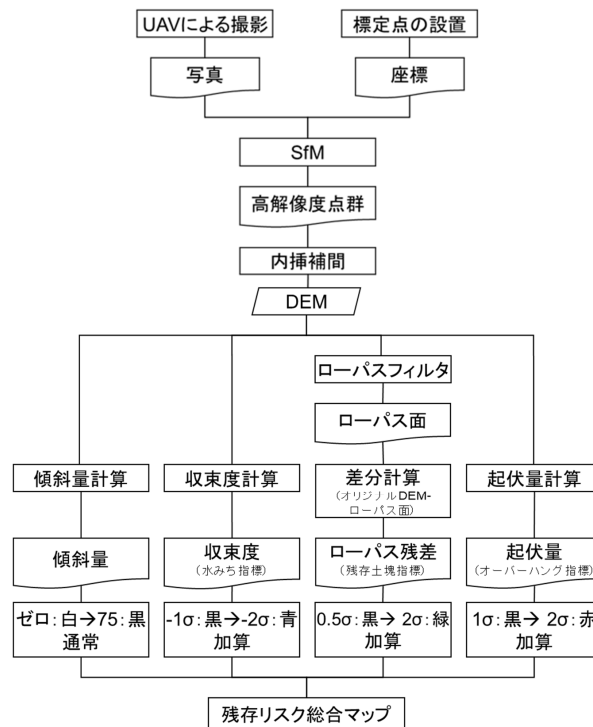
残存リスク総合マップ

- 起伏度: 0.12 - 0.19
- ローパスフィルタ残差: 0.17 - 0.68
- 収束度: -16.7 - -33.4
- 傾斜: 0 - 75

- 残存リスク総合マップは、現地踏査で専門家が行った微地形調査の結果を概ね表現できている。



- 一般的なドローンによる撮影から、作業環境を選ばないフリーGISソフトの既存の解析ツールを用いて、残存リスクを表示する手順をとりまとめた。





6. 成果の普及等

発表論文等

第58回地盤工学研究発表会(令和5年7月)

SfMによる崩壊斜面のDEM作成とその解析による残存リスク定量化の試み

上原 大二郎、瀧口 茂隆、中谷 洋明、西村 修一、中瀬 千遥、田中 風羽、犬飼 唯人

成果の普及に向けた取り組み

- まずは専門家派遣が想定される者で手法の普及を図るための勉強会等を実施。
- 地方整備局や都道府県職員の参加する土砂災害防止に関する会議等で紹介し、災害現場に実装させるための協力体制を確立する。

今後の予定

- 災害現場等において手法の検証を行い、検証結果をガイドライン(案)に反映させる。
【検証の視点】
 - 実際の作業に要する時間(現在は撮影を除いて半日程度を想定)
 - 地形の分析は相対的な評価のため、地形上適切な分析対象範囲の目安の作成
 - 人家と近接している箇所での崩壊における地形データ(地上スキャンによる補完の有無)
- また、将来は地方整備局のTEC-FORCEが手順の一部(ドローン調査等)を担えるよう支援システムの理解促進をはかる。

11



7. まとめ

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法(施策への反映・効果等)	目標の達成度	備考
DXに対応した土砂災害発生直後の二次被害リスク調査手法の開発	①災害発生箇所の詳細地形データ作成及び現地調査	R4年の土砂災害発生箇所において、UAV写真から詳細な地形データ(5cm未満)を作成できた。	本研究で開発した手法を今後発生する斜面災害に適用し、手法の検証・改善を図る。 専門家派遣を要請する地方公共団体の協力を得ながら土砂災害後の専門家派遣プロセスをDX化する。	◎	
	②崩壊後の斜面のリスク情報を表現する手法の検討	崩壊後斜面の二次被害の残存リスクとして、「崩壊斜面の拡大」、「残存土砂の崩壊」を想定し、それにつながる着目すべき不安定な地形として、①オーバーハング、②水みち、③残存土塊の3つの微地形に着目した。 これらの3微地形を汎用的なGISツールを用いて、高度な技量を要しない比較的簡単な分析ツールで定量的に表現できる方法を検討し、マップ化した。 一方、今回の成果は少ない斜面崩壊事例にとどまっており、今後の災害事例における検証も必要である。		○	
	③UAV-SfM解析の3D地形図を用いた崩壊後斜面の残存リスク表示ガイドライン(案)の作成	一般的なドローンによる撮影から、作業環境を選ばないフリーGISソフトの既存の解析ツールを用いて、残存リスクを表示する手順をとりまとめた。 一方、今回の成果は少ない斜面崩壊事例にとどまっており、今後の災害事例における検証も必要である。		○	

<目標の達成度> ◎:十分に目標を達成できた。

○:概ね目標を達成できた。

有効性

△:あまり目標を達成できなかった。

×:ほとんど目標を達成できなかった。

これまで制限された中で調査を行いリスク評価を行っていた土砂災害後の専門家調査において、近年汎用性が高まったUAV(ドローン)による写真撮影と写真から作成した高解像度DEMを活用し、広範囲な調査と簡易な地形判読をGISソフトを用いて行うことができた。

今後の災害で検証や改善は必要なものの、①要請する地方公共団体との適切な役割分担、②専門家調査の標準化による判断の正確性の向上や災害時意思決定の迅速化、および副次的な効果として③デジタル化による災害直後の詳細データの今後の利用拡大につながる有効な研究といえる

12

