



岡山市平島



新見市足立

新手法で大規模土砂災害の迅速な対応を実現

航空レーザ計測利用し、従来比1/10の時間で流出土砂量把握



倉敷市真備



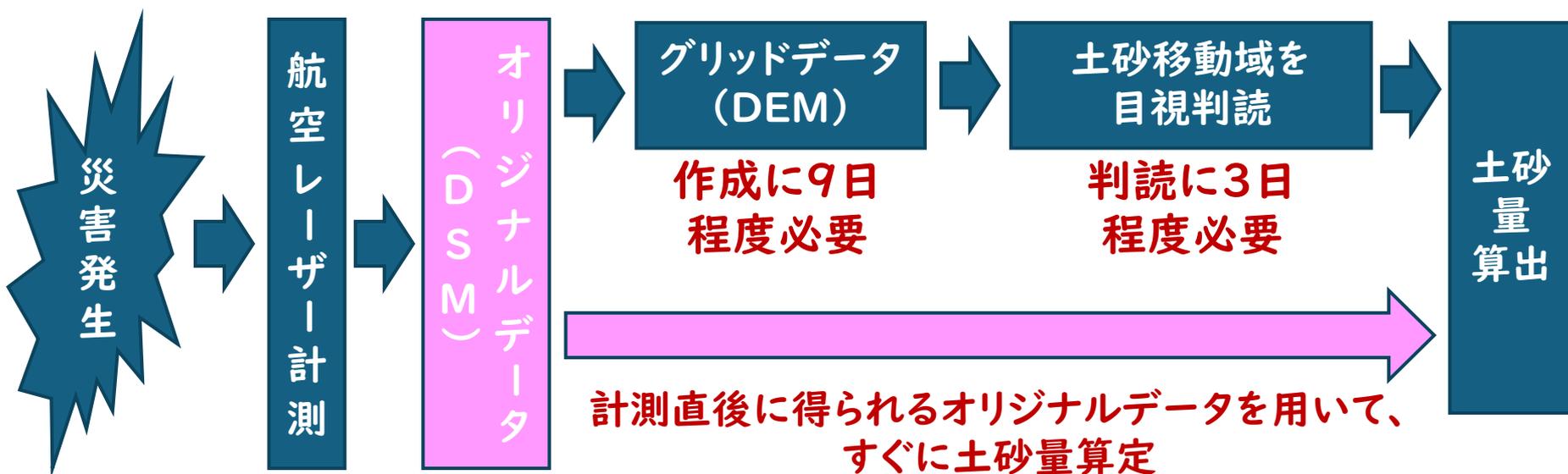
高梁市近似

生物地球学科 地球・災害科学コース 佐藤丈晴

1. 概要

- 大規模土砂災害直後の航空レーザー計測で得られたLPデータに基づいて、AIを用いて土砂移動域を抽出し、流出土砂量を算出する技術を開発した。
- 早期の流出土砂量の把握によって、復興復旧の迅速な対応が期待できる。

開発	必要データ	正解率	土砂量の誤差率	必要日数 (40km ²)
従来技術	災害前グリッドデータ 災害後グリッドデータ	100 % (これを正解とする)	0 % (これを正解とする)	12日
提案手法	災害前グリッド、オリジナルデータ 災害後 オリジナルデータ	82~91 %	8~28 %	1日



2. 従来の問題点と解決策

【問題点】

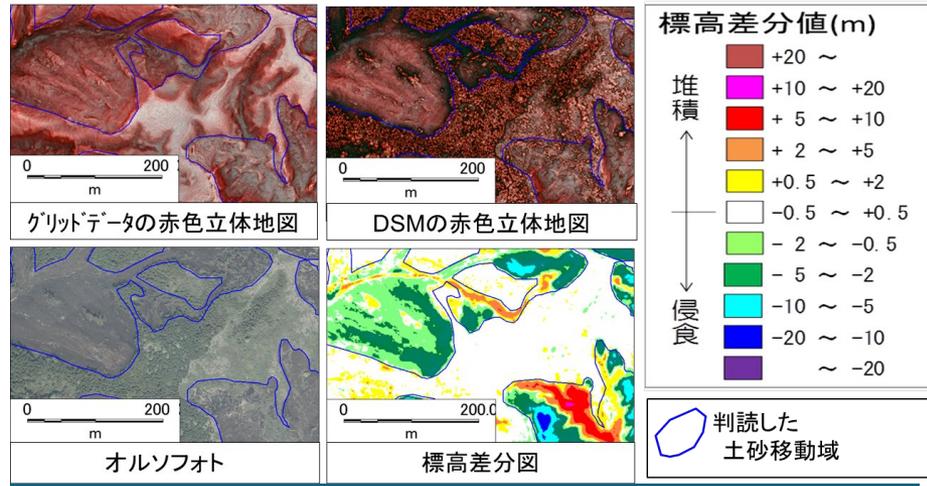
- 大規模土砂災害後には航空レーザ計測が実施される。→**迅速な土砂量算出**が期待される。
- しかし災害前後の標高値を差分すると、樹木等による誤差のため、実際には土砂移動していない場所でも標高変化が出てしまい、それを土砂量として誤ってカウントすると膨大な誤差になる。
- その誤差を避けるため、**技術者の目視判読**によって「本当の土砂移動域」を特定した上で、土砂量を算出してきた。さらに、土砂量算出には、航空レーザ計測で得られたオリジナルデータを加工したグラウンドデータ (DEM) が必要となり、**数日～数週間の時間が必要であった**。

【解決策】

- 航空レーザ計測で得られるオリジナルデータ (簡易処理でDSMとする) として採用することで **AIによって迅速に土砂移動域を抽出し、土砂量を算出する技術を開発した**。



大規模土砂災害の例
(H29熊本地震による阿蘇地域の崩壊)



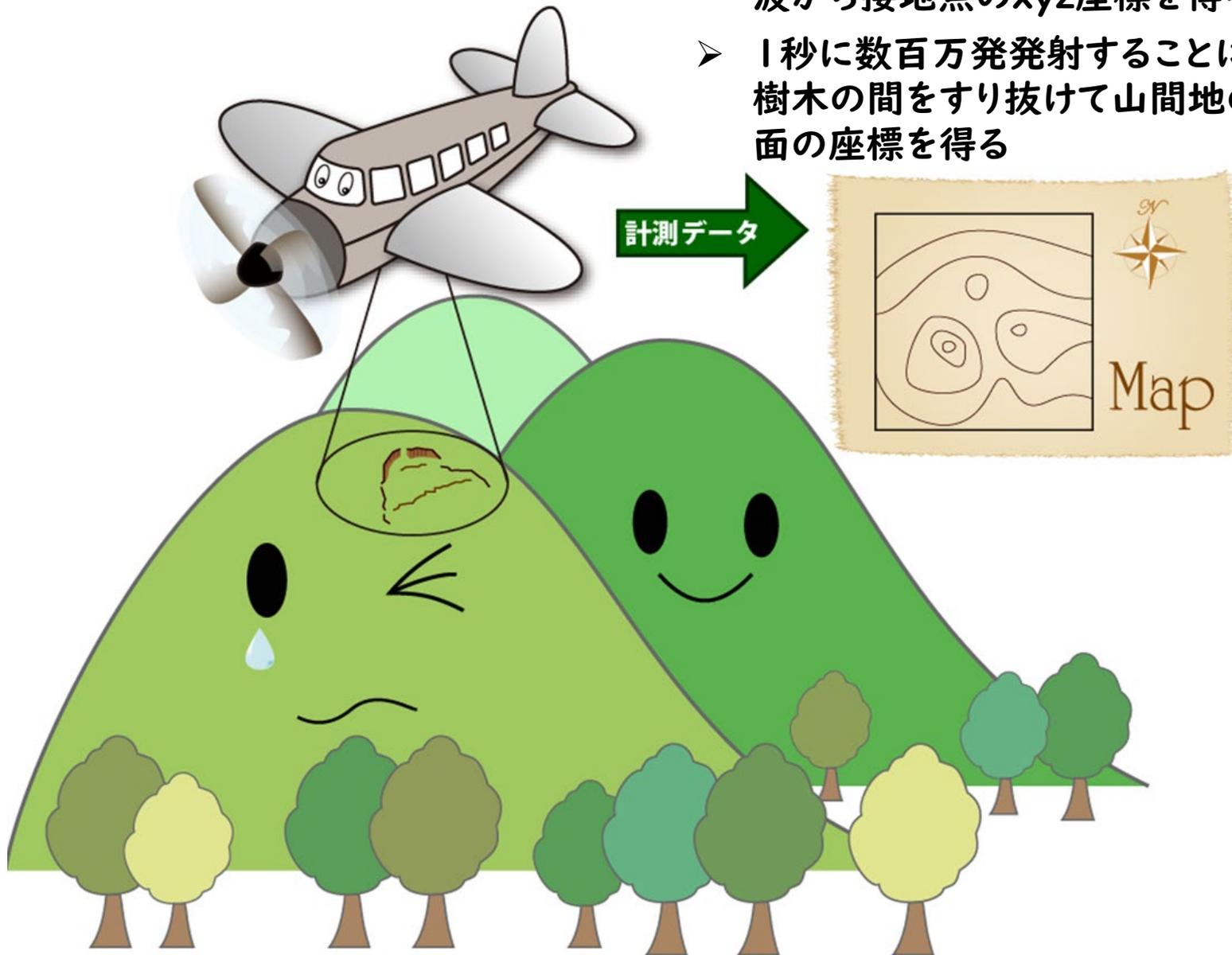
土砂移動域の 人間による目視判読の例
(H29熊本地震による阿蘇地域の崩壊)

出典: 熊本地震震災ミュージアム・記憶の回廊
<https://kumamotojishin-museum.com/remains/detail/22>

出典: 阿蘇カルデラにおける平成28年熊本地震とその後の降雨による移動土砂量の把握、平川ら(2019)、砂防学会誌 Vol.72, No.2

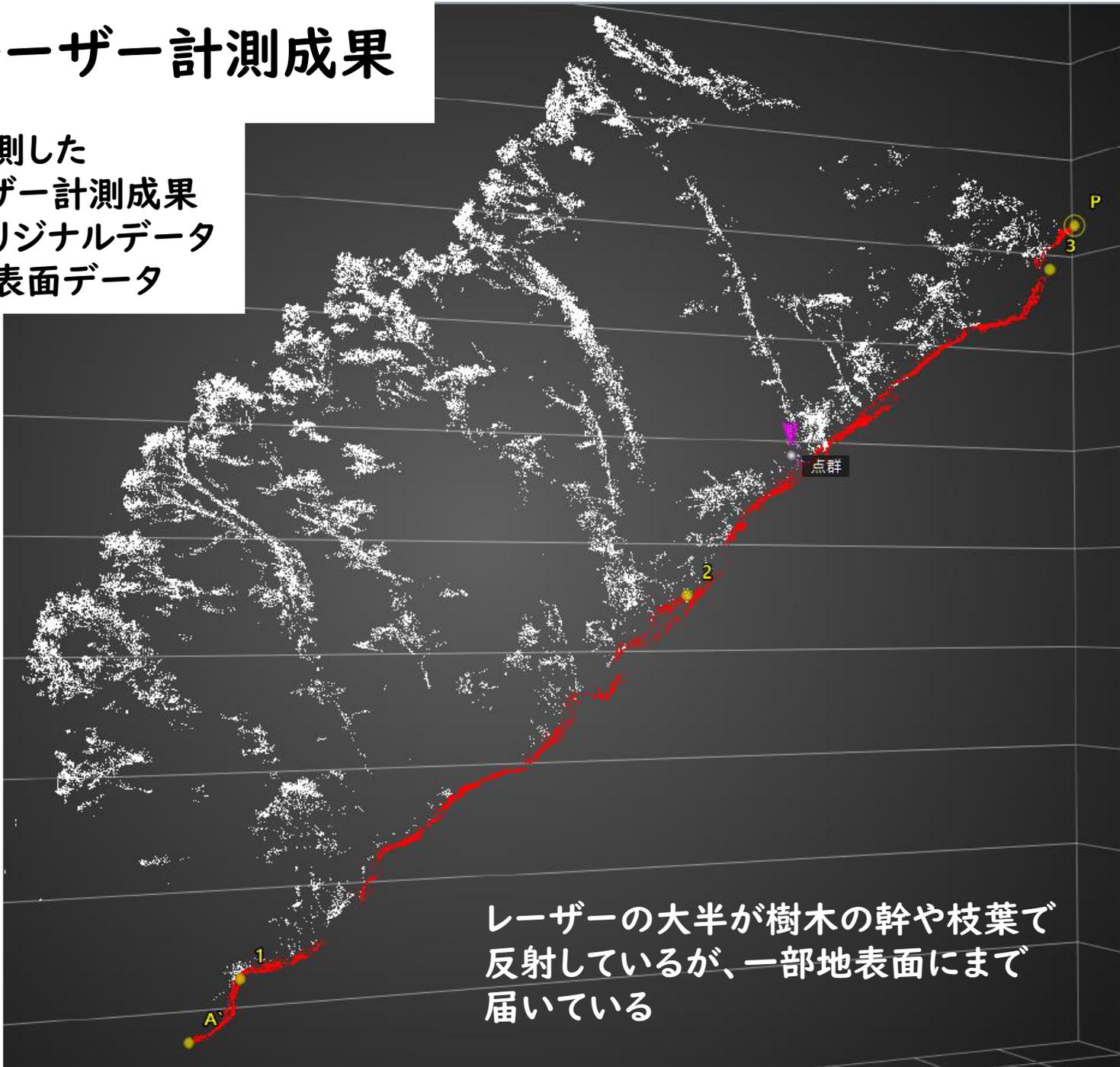
航空レーザー計測とは

- 航空機（ヘリコプター、ドローン）から地上に向けてレーザーを照射し、反射波から接地点のxyz座標を得る
- 1秒に数百万発発射することによって、樹木の間をすり抜けて山間地の地表面の座標を得る



航空レーザー計測成果

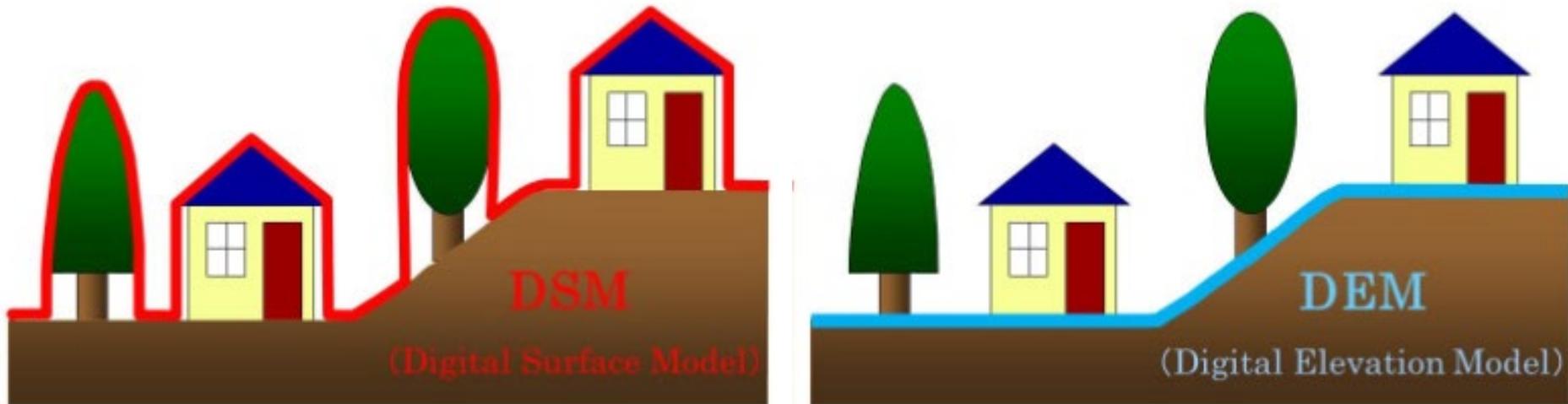
佐藤が計測した
航空レーザー計測成果
白点がオリジナルデータ
赤点が地表面データ



レーザーの大半が樹木の幹や枝葉で
反射しているが、一部地表面にまで
届いている

DSMとDEM (いずれもメッシュ状のデータ)

- DSMは上空に一番近い(当該xy座標で最も標高値の高い)データの集合である
 - 上空の航空機に最も近い点の集合。オリジナルデータからすぐに抽出可能。自動的に抽出できるのでDSMの作成時間は、ほぼ必要としない。
- DEMは地表面のみのデータの集合である
 - 上空の航空機から最も遠い点の集合。この作業は自動で実施することが困難であり、最後には**人の目と技術が必要**となる(フィルタリングという)。このため、DEMを作成するには**膨大な時間を必要**となる



DSMイメージ

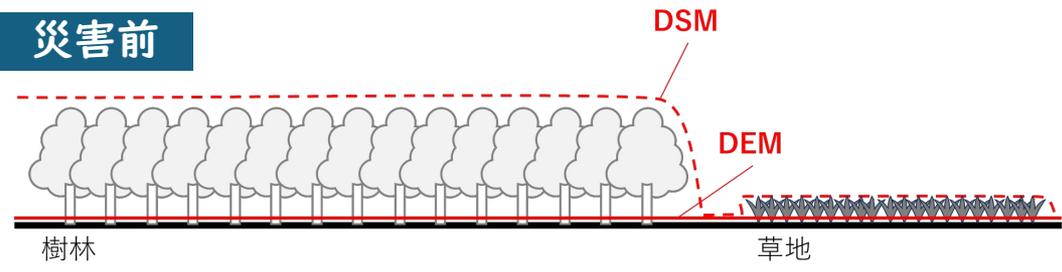
<出典：国土地理院HP>

DEMイメージ

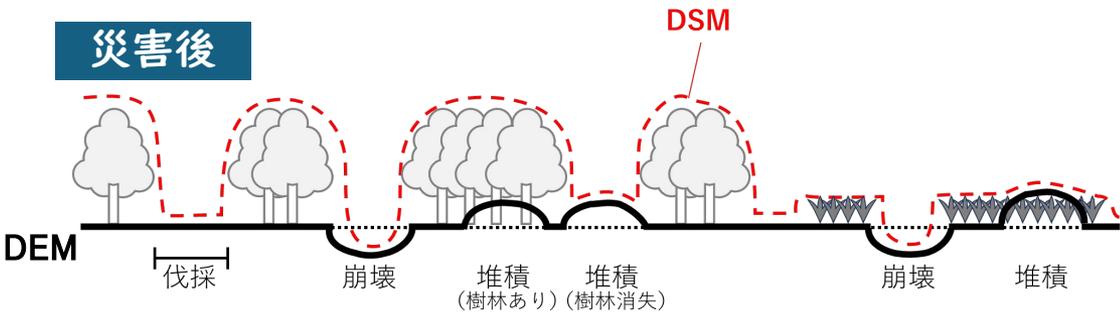
3. なぜDSMで、土砂量を算定できるのか

- 土砂移動で裸地化したところは、DSMであってもDEMと同じになる。
- よって、災害後DSMと災害前DEMの差分が、通常のDEMどうしの差分と同様に使える。
- 災害後DSMと災害前DEMの差分で大きくプラスになっている所は、樹林である可能性が高い。
- ただし、堆積箇所の検出は困難である。
- 災害前後のDSMの差分では、樹林消失箇所は容易に検出できる(ただし伐採箇所も検出してしまう)。

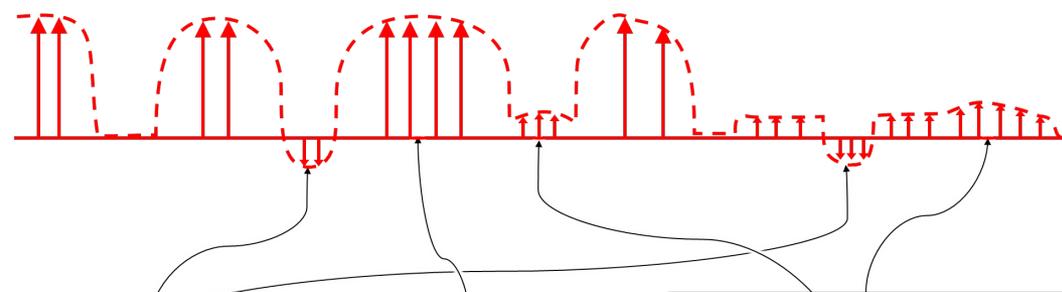
災害前



災害後



災害後DSM-災害前DEM



崩壊は検出できる
崩壊深もわかる

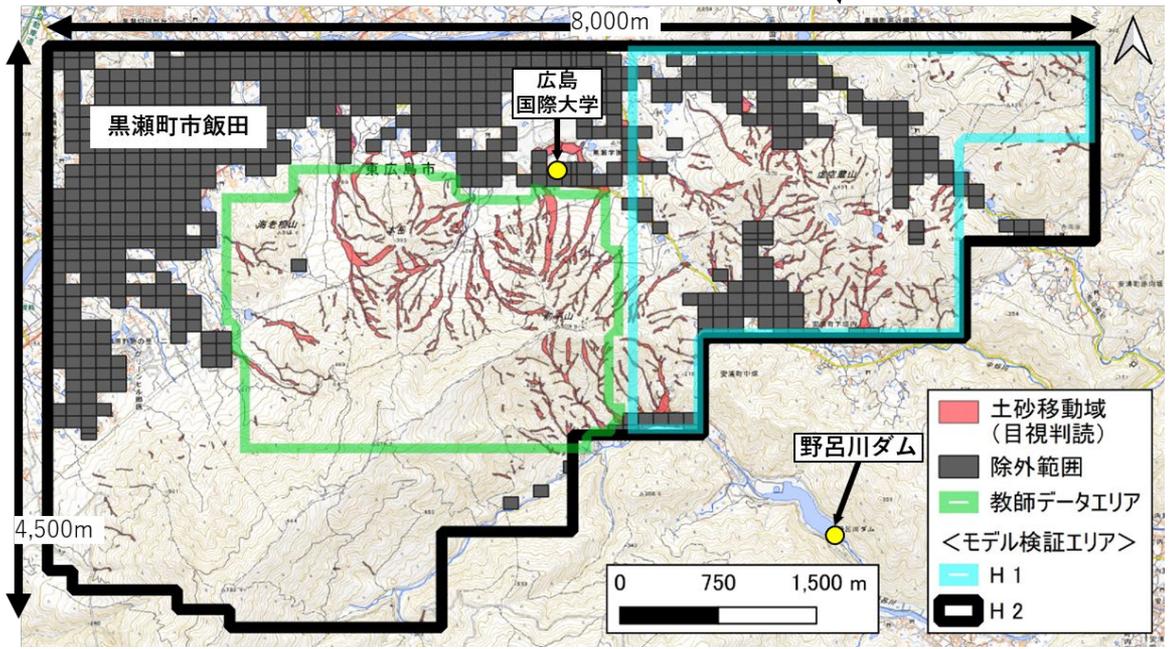
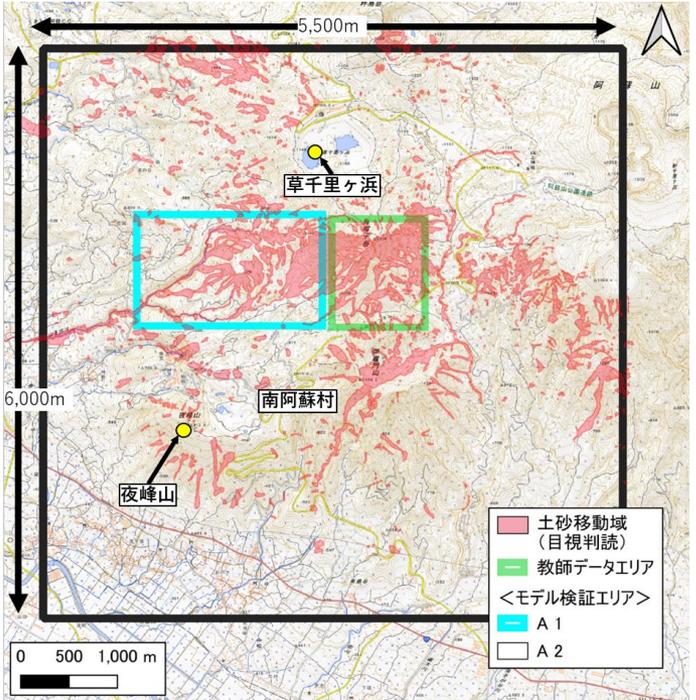
樹林消失を伴わない堆積は
検出できない

樹林消失を伴う堆積や
草地の堆積はプラスになるが
樹林と区別がつかない？

4. 試行エリア

■ 過去に大規模土砂災害が発生した地域

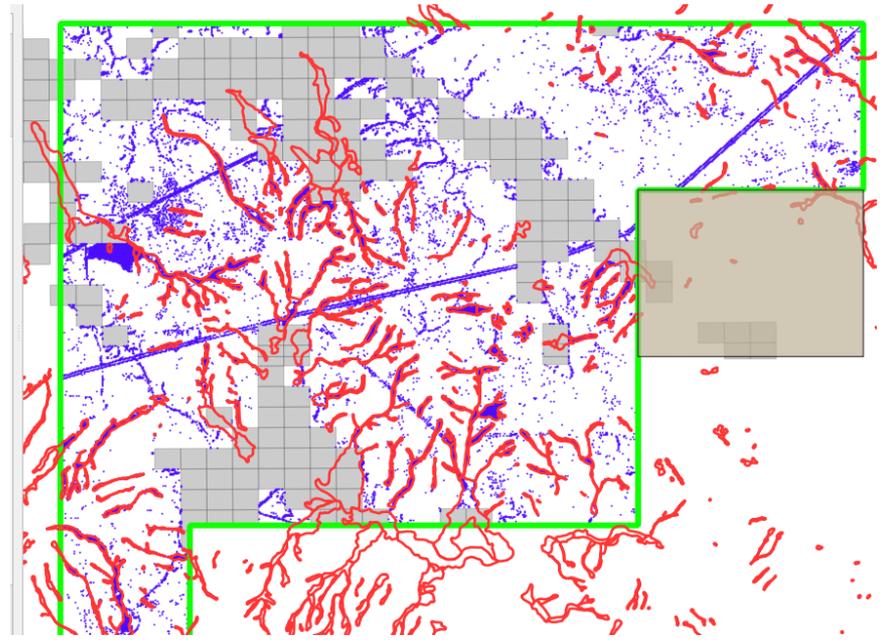
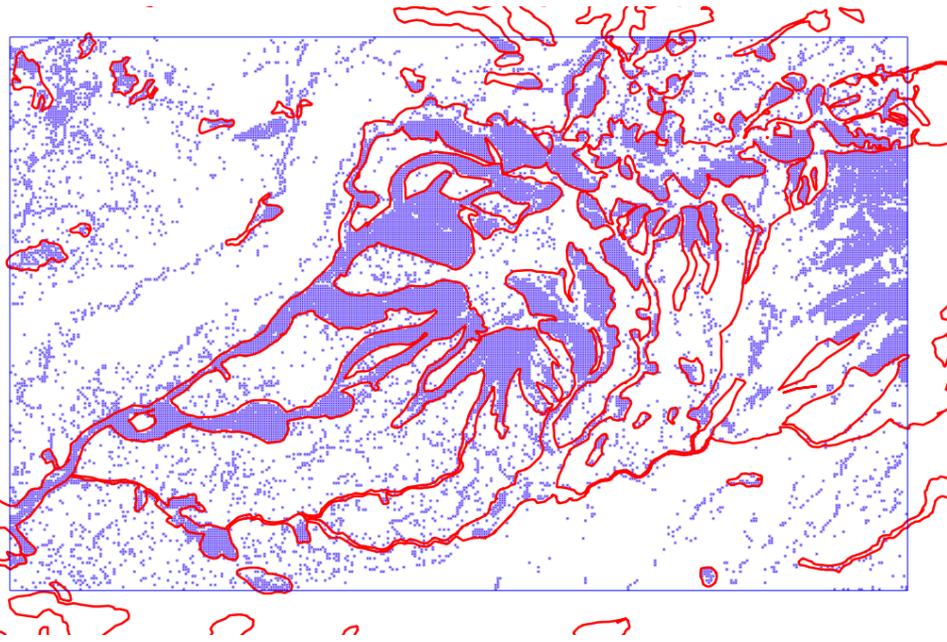
- H28年(2016年)熊本地震による
熊本県阿蘇地域の土砂災害
A1=2.5km², A2=36km²
- H30年(2018年)西日本豪雨による
広島県内の土砂災害
H1=7km², H2=26km²



■	土砂移動域 (目視判読)
■	除外範囲
■	教師データエリア
<モデル検証エリア>	
	H 1
	H 2

5. 精度評価

モデル	対象 エリア	土砂移動域	生産土砂量		
		正解率 (%)	AI抽出による 土砂量(万m3)	目視判読によ る 土砂量(万m3) ≡直値	AI抽出の 誤差率
			①	②	③= (①-②)/②
阿蘇 モデル	A1	82%	64.6	71.9	10%
	A2	83%	270.9	295.5	8%
広島 モデル	H1	91%	24.1	33.5	28%
	H2	90%	71.1	79.7	11%



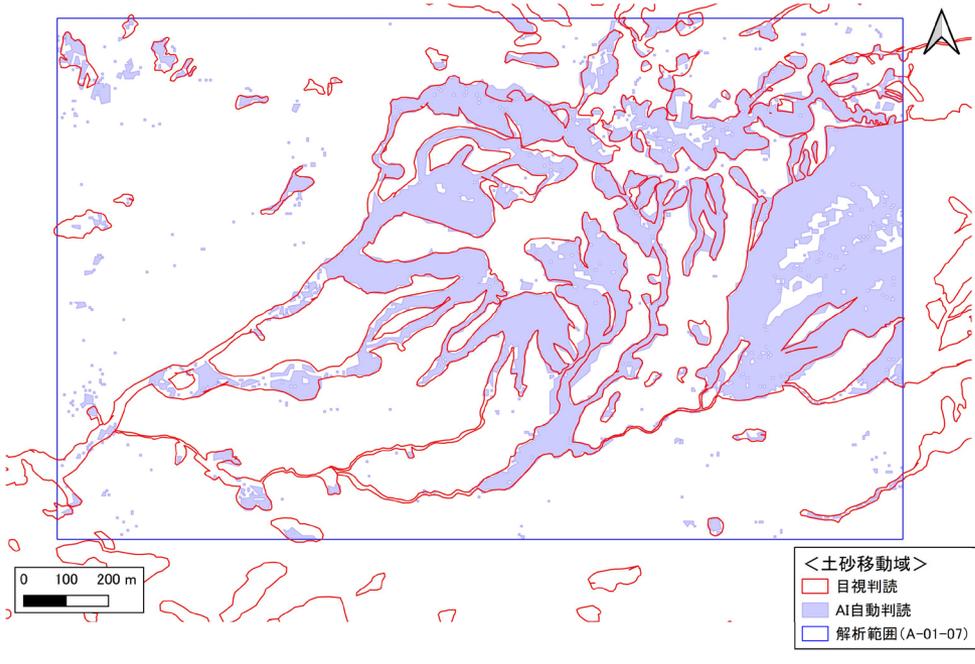
阿蘇地域

目視判読とAI予測の比較

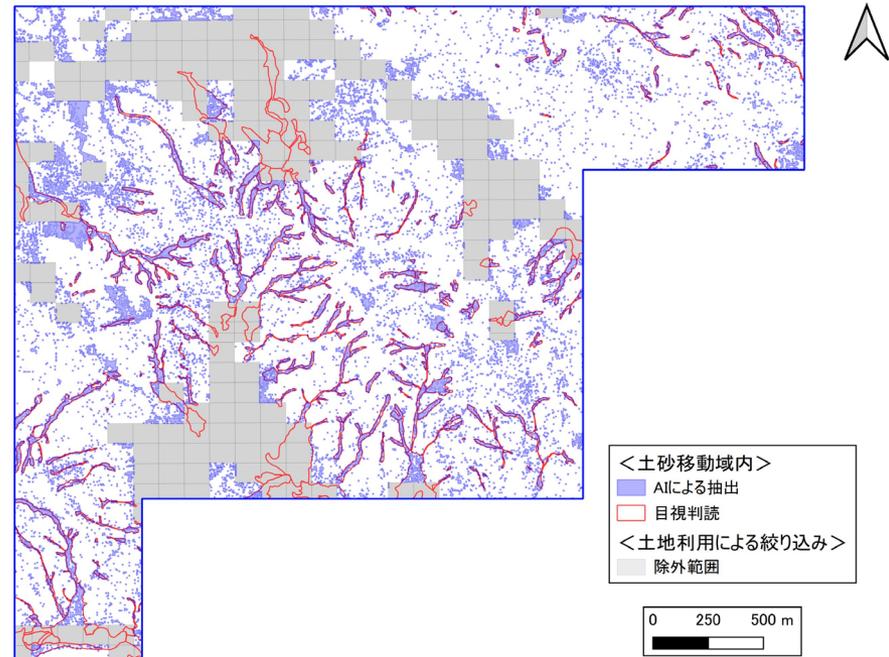
広島地域

開発バージョンAI-1の 精度評価

モデル	対象 エリア	土砂移動域	生産土砂量		
		正解率 (%)	AI抽出による 土砂量(万m3)	目視判読による 土砂量(万m3) ≡真値	AI抽出の 誤差率
			①	②	③= (①-②)/②
阿蘇 モデル	A1	92%	70.0	71.9	3%
	A2	79%	327.7	295.5	11%
広島 モデル	H1	89%	34.3	33.5	2%
	H2	90%	97.2	79.7	22%



阿蘇地域

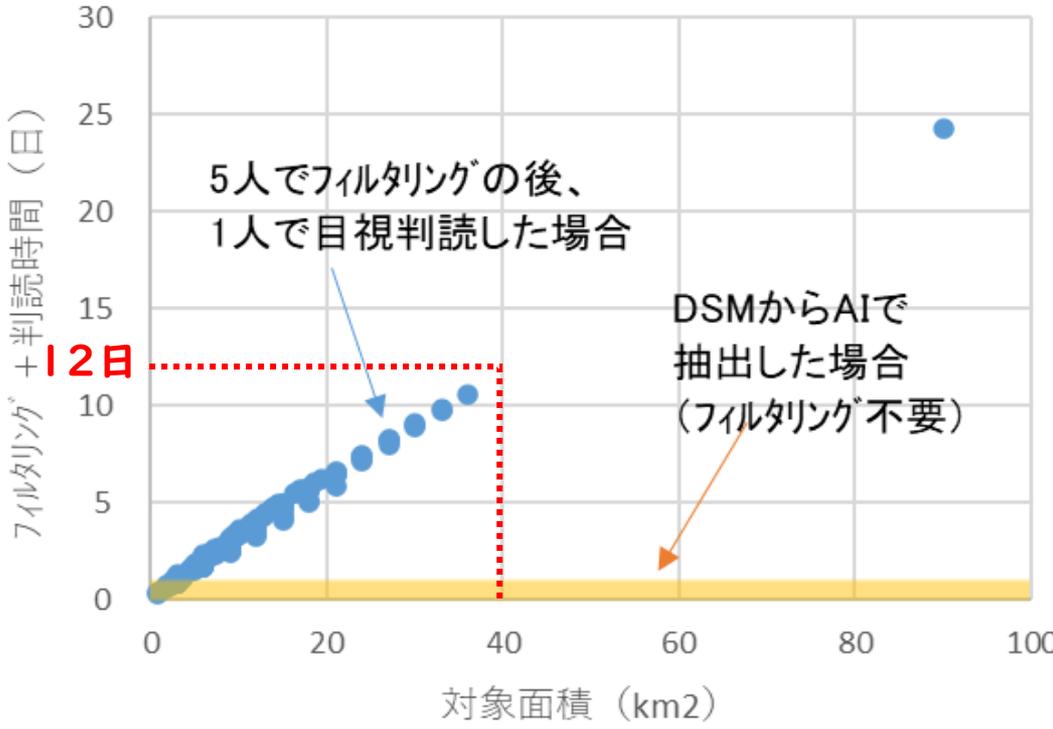


目視判読とAI予測の比較

広島地域

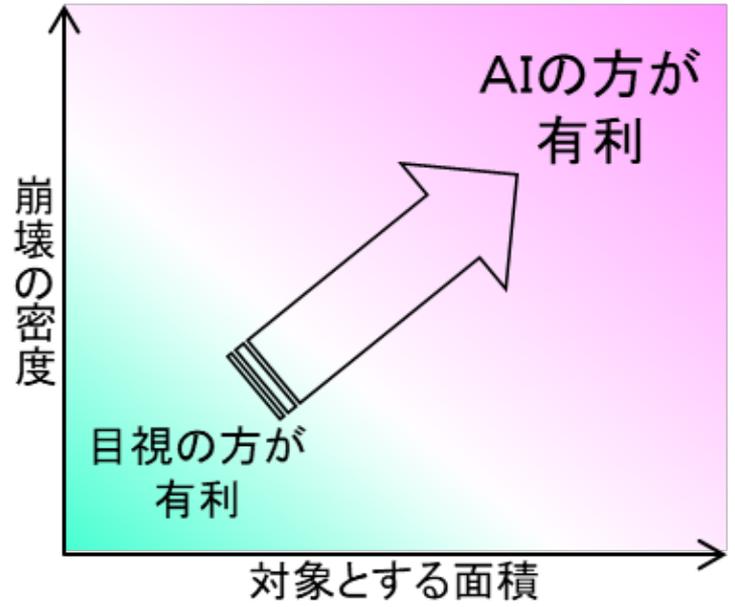
6. 開発手法の時間短縮効果

- [オリジナルデータのフィルタリング+目視判読で抽出] と [AIで抽出] の比較。オリジナルデータのフィルタリング (グリッドデータ作成) の時間が大きな差となる。
- 例えば **40km²** 程度の場合、**12日** → **1日** に時間短縮。うち9日がフィルタリング。
 - フィルタリング時間は測量業務積算基準を参考に設定。
100km²あたり20人日+60人日+40人日 → 120日/100km² → 5人で分業して0.24日/km² と設定。
 - 緊急時にはフィルタリングを突貫作業で行い、もっと速くなる可能性もある。一方その精度は低下する。
- 対象面積や、土砂移動面積率によって異なる。



7. まとめ

- 対象面積が広く、崩壊密度が多いほど、本技術の有効性が高くなる(右図)。
 - H28熊本地震(阿蘇)、H29九州北部豪雨、H30年7月豪雨、H30北海道胆振東部地震、R6年能登半島地震など。
- 一方、1溪流のみの土石流など、対象範囲が狭い場合は、目視判読の方が早くて高精度である。



開発	必要データ	正解率	土砂量の誤差率	必要日数 (40km ²)
従来技術	災害前グリッドデータ 災害後グリッドデータ	100 % (これを正解とする)	0 % (これを正解とする)	12日
提案手法	災害前グリッド、オリジナルデータ 災害後 オリジナルデータ	82~91 %	8~28 %	1日