

I C R T 技術を活用した高精度かつ効率的な斜面・法面点検技術の開発

I C R T : Information, Communication and Robot Technology

岡山大学大学院



経験で危険箇所を探っている



調査作業そのものが困難

研究開発の背景：なぜ“崩壊・崩落（落石）”を見逃すのか？



作業自体が非効率，高コスト



変状の発生具合を定量化できない

研究開発の背景：なぜ“崩壊・崩落（落石）”を見逃すのか？

課題：経験で危険箇所を探っている

課題：調査作業そのものが困難

解決策：既存航空レーザーデータを活用

- ・危険箇所をあらかじめ抽出
- ・調査ルートを点検者に指示

既存航空レーザーデータの活用

⇒ レーザーデータの判読作業に人工知能を導入

：熟練技術者のノウハウを導入した自動解析処理を構築する

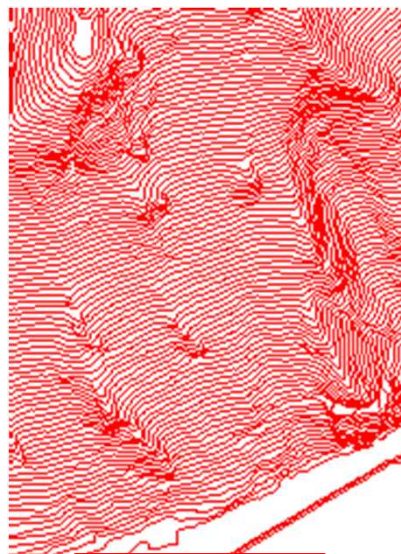
研究の目標：

調査の効率化

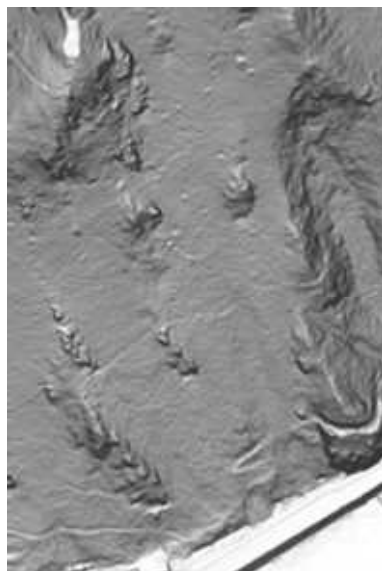
＝“データ取得の効率化”＋“経験不要の確実なデータ処理”の完成させる



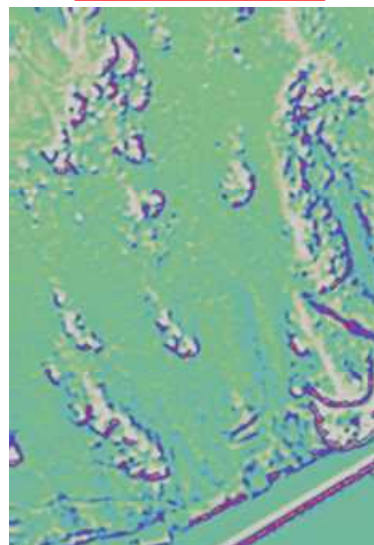
微地形をより鮮明に表現できるデータ解析法の確立



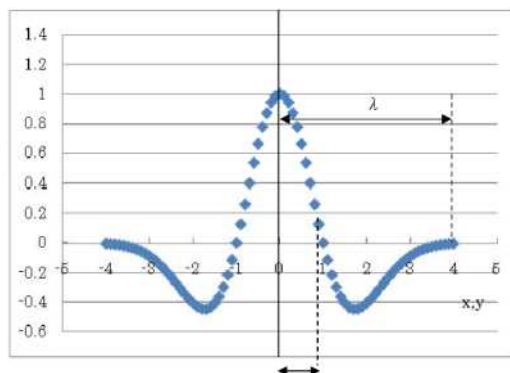
等高線図



傾斜量図
: 地形の変化を表現

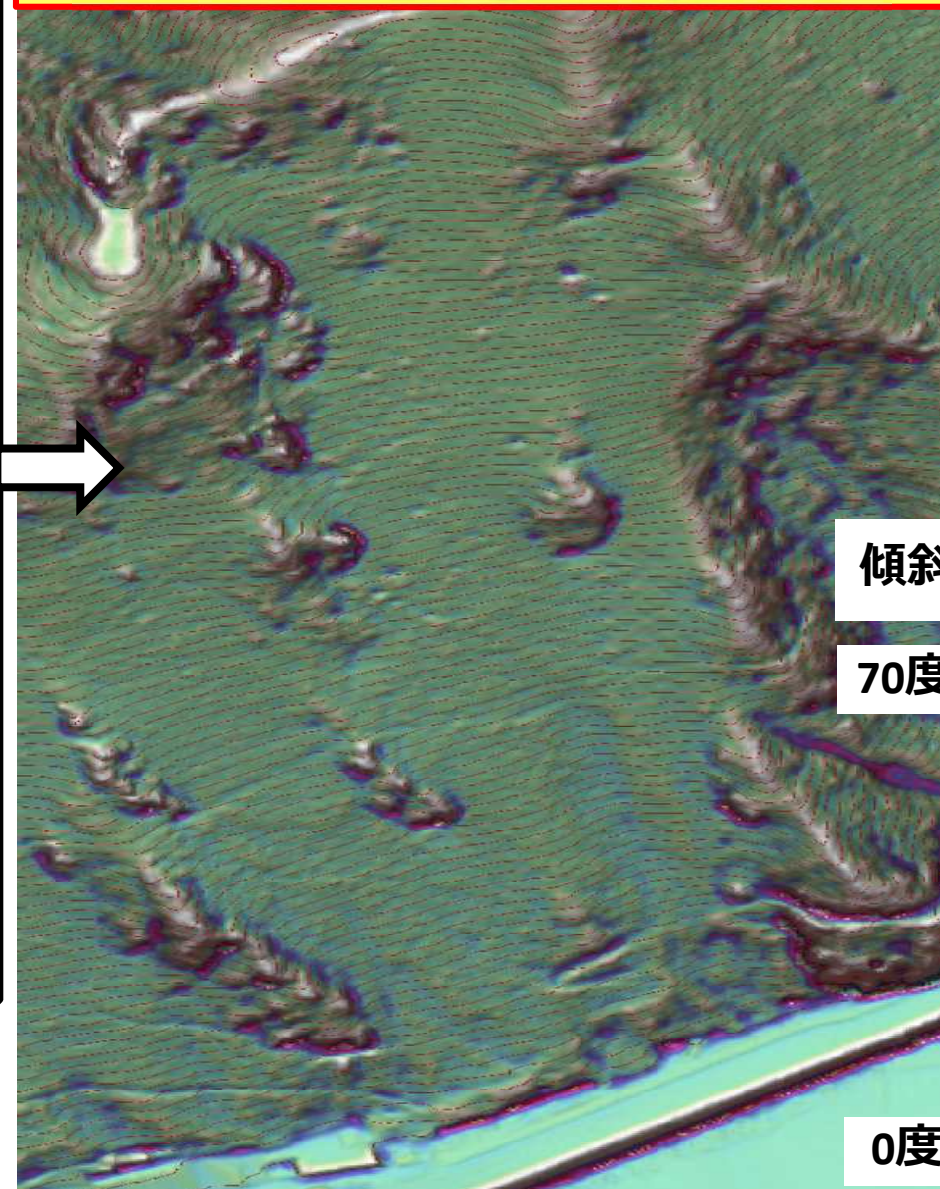


Wavelet処理図



Wavelet Filter
メキシカンハット関数
: 微地形の強調

0.5mメッシュ 崩壊・崩落発生源抽出図
: 三つの処理結果を重ねて表示する



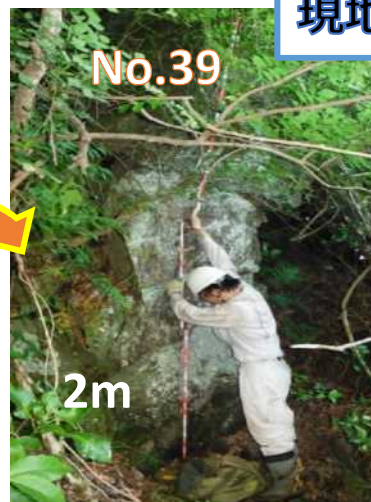
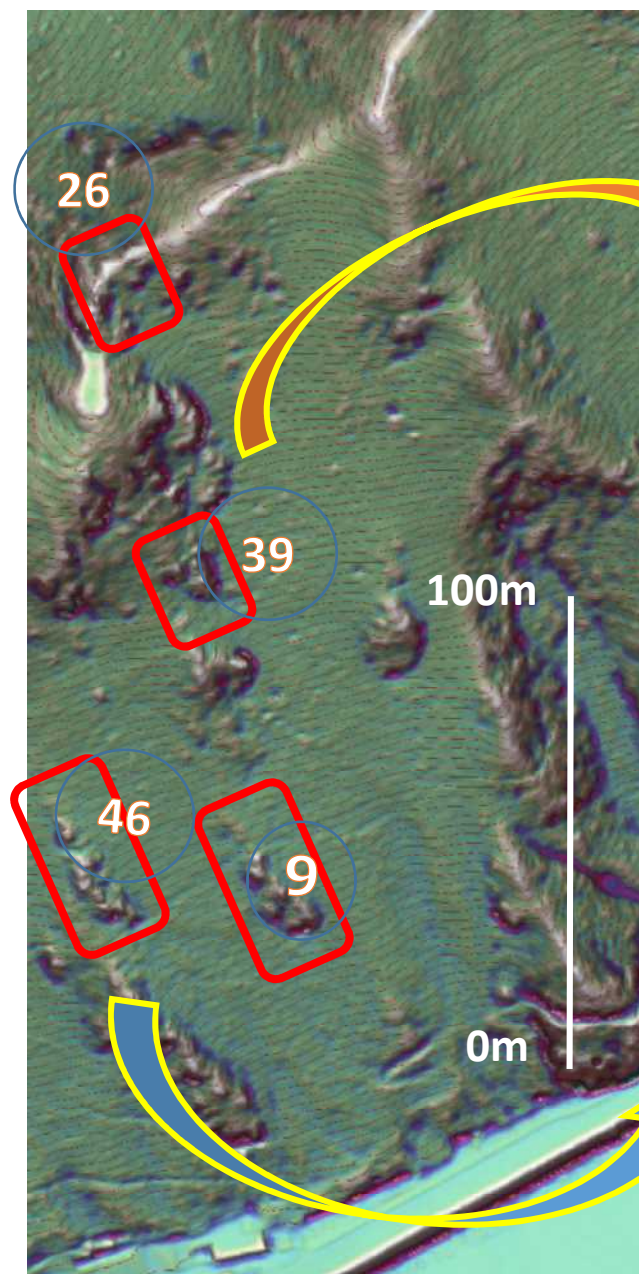
傾斜

70度

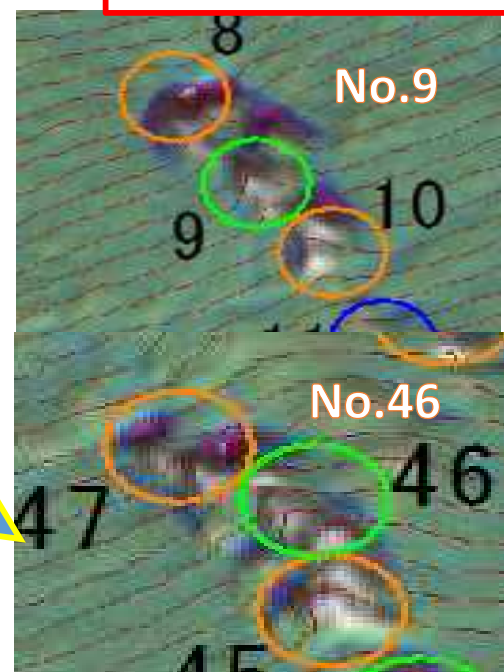
0度

既存航空レーザーデータで、どの程度の落石源が抽出できるのか？

現地踏査で見落とし易い箇所を抽出



約1.4m以上の急崖（落石源）は抽出可能



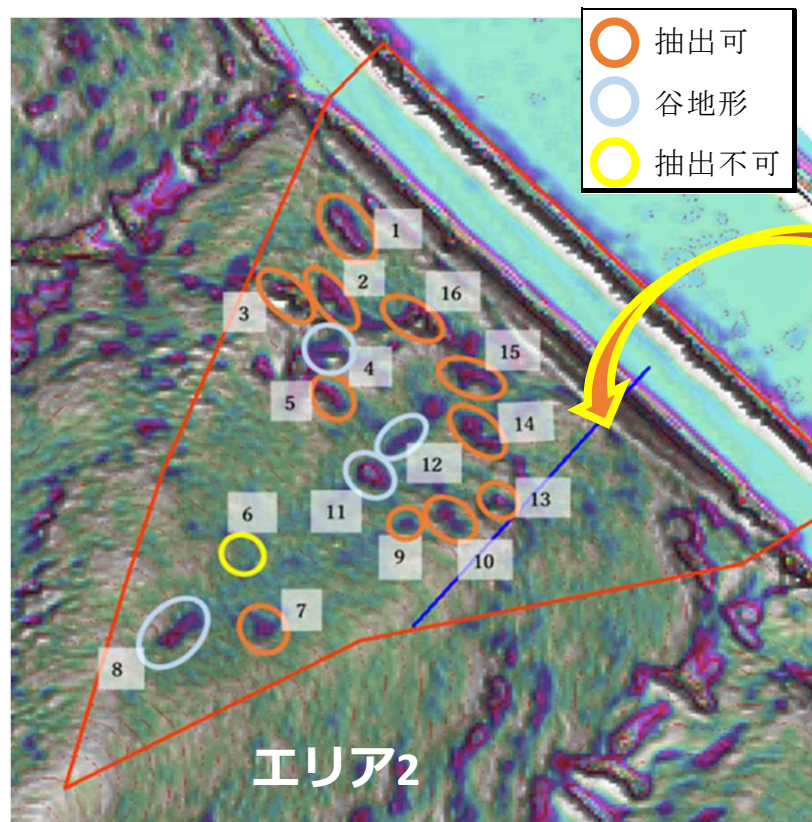
既存航空レーザーデータで、どの程度の落石源が抽出できるのか？

机上抽出結果と現地調査との整合性検証

微地形強調図による落石発生源抽出率
= 91.4%

＜微地形強調図にて抽出可能箇所＞

- ・ 高さ1.4m以上の落石発生源
- ・ 角度60度以上の落石発生源



エリア	番号	現地高さ (m)	点群データ高さ (m)	点群データ角度 (度)	抽出
1	2	3.0	2.800	75.83	○
	3	1.6	1.600	66.16	○
	4	1.2	1.300	61.46	○
	5	1.6	1.400	63.20	○
	6	2.0	2.000	70.53	○
	9	1.2	1.010	51.47	×
	10	1.2	0.990	53.44	×
	12	2.4	2.500	74.21	○
	14	3.0	3.000	76.74	○
	15	2.6	2.500	74.21	○
	16	1.8	1.800	68.55	○
	17	2.4	2.600	79.11	○
2	1	2.2	2.000	70.53	○
	2	5.0	5.100	82.11	○
	3	2.2	2.300	72.91	○
	5	3.0	3.100	77.15	○
	6	0.6	1.050	54.99	×
	7	2.4	2.200	72.18	○
	9	1.2	1.400	63.20	○
	10	2.4	2.500	74.21	○
	13	2.0	2.000	70.53	○
	14	1.4	1.500	64.76	○
	15	1.9	1.800	68.55	○
	16	4.2	4.100	80.21	○
3	1	2.0	1.900	69.59	○
	2	2.0	2.000	70.53	○
	3	4.0	3.800	69.59	○
	4	3.0	3.100	70.53	○
	5	2.0	2.100	71.39	○
	6	6.0	5.800	83.05	○
	7	2.0	2.000	70.53	○
	8	2.6	2.500	78.69	○
	9	7.0	7.300	79.04	○
	10	2.4	2.300	72.91	○
	11	2.0	2.100	71.39	○
落石発生源抽出率 (%)					91.4

解析結果をタブレットで見ながら点検作業を実施：見逃しの無い点検

赤丸：崖

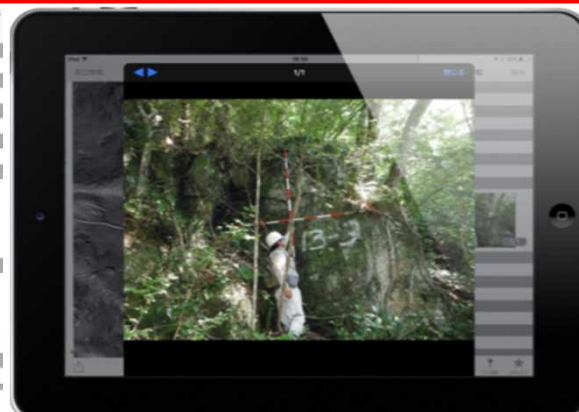
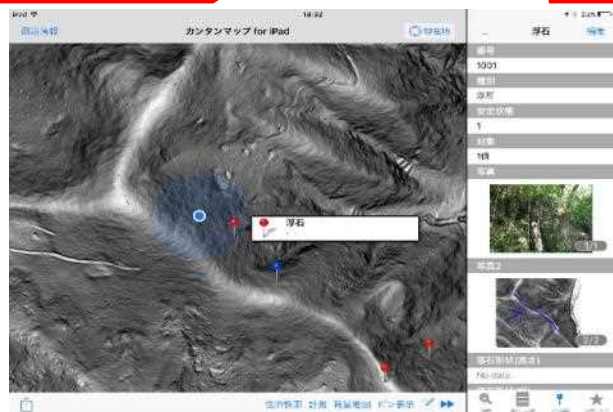
青丸：谷

タブレットの表示に従って目視点検

調査ルートを表示

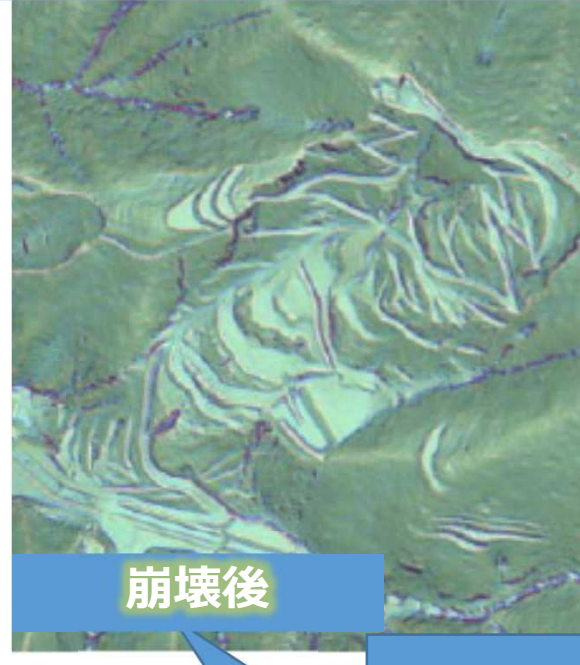
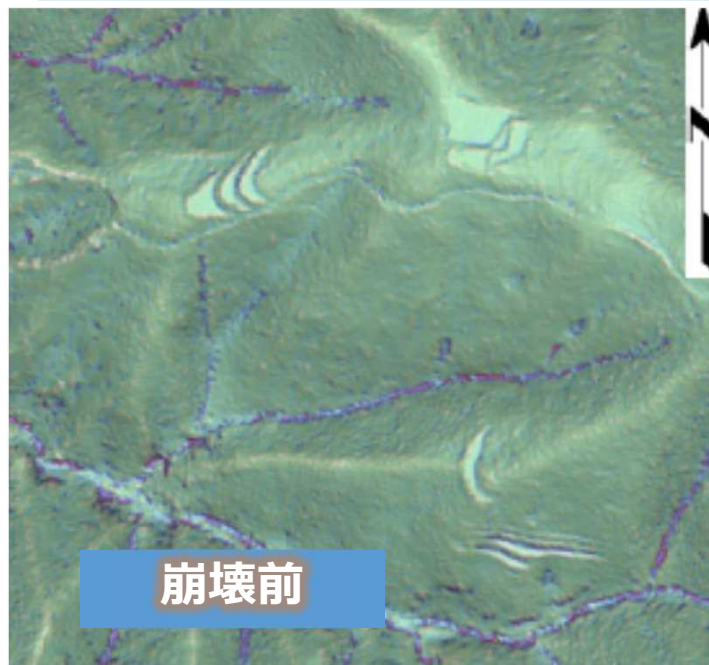
谷地形

崖地形



GNSS付きタブレット表示
画面例：収納されたデータに誘導されながら現位置調査を実施。過去の画像も呼び出しが可能。

航空レーザデータから“深層崩壊箇所”を人工知能により自動判読



熟練技術者の判読結果
を教師データに活用
：熊野川水系十津川
の中流域

・平成23年台風12号
による50箇所以上の
深層崩壊が発生

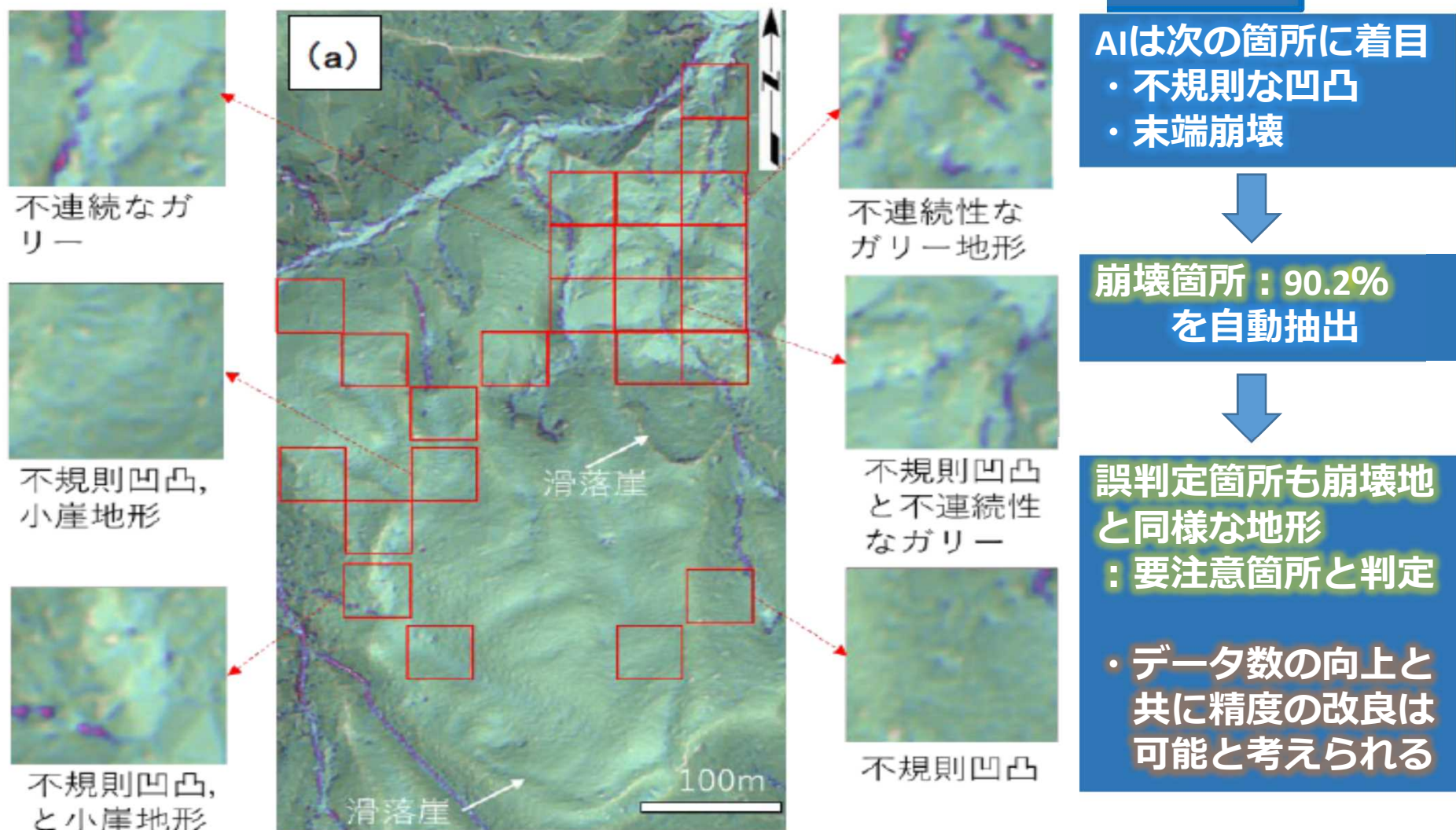
熟練技術者の判読結果 ⇒ ノウハウをAIに

- ・側方崖は明瞭なものはない
- ・ガリー地形形状の深い溝が下流側で形成
- ・移動体の上端には明瞭な滑落崖は認められない
- ・凹地が円弧状かつ断続的に分布している
- ・推定される地質構造は流れ盤
- ・平均傾斜量 39.8°
- ・本地点の北東側、数100mにスラスト断層起因の崩壊地がある.



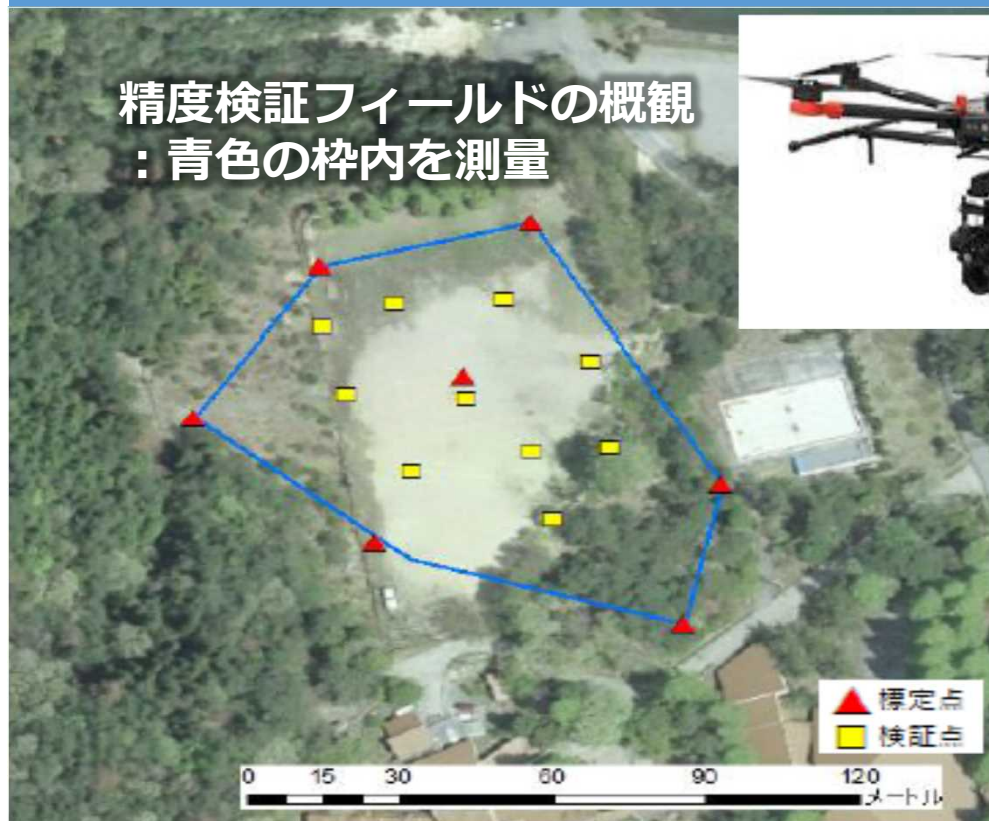
航空レーザデータから危険な箇所を人工知能により自動判読
：画像データ 崩壊箇所4000個，非崩壊箇所5000個

⇒ 深層学習：がん細胞の判別処理に用いられる手法を適用



データ取得技術の効率化：ドローン測量の高精度化

精度検証フィールドの概観
：青色の枠内を測量



精度検証結果

ドローン自己位置の高精度化により±50mm測量の実現を実証

- ・ 6万点/秒のドローン専用スキャナ搭載
- ・ 2周波GNSSを搭載。データを取得するタイミングを1000分の1秒単位で同期
- ・ IMU（センサの姿勢を計測）とセンサの一体化による高精度化
(参照：(株)AMUSE ONESELF)

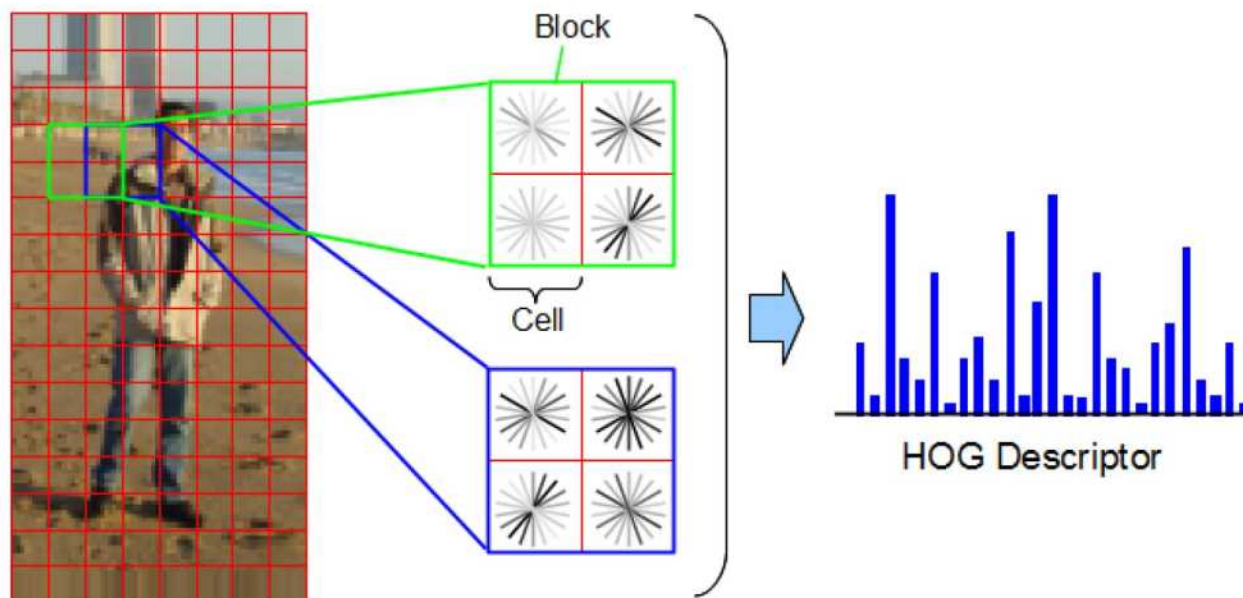
検証点標高 (m)	ドローンレーザ計測点 標高 (m)	較差 (m)
544.862	544.866	0.004
552.332	552.328	-0.004
544.791	544.820	0.029
544.580	544.592	0.012
535.435	535.452	0.017
537.817	537.771	-0.046
544.305	544.333	0.028
544.600	544.597	-0.003
544.873	544.876	0.003
544.990	545.021	0.031
545.029	545.058	0.029
544.767	544.787	0.020

航空レーザデータから危険な箇所を人工知能により自動判読

HOG特徴量を試行

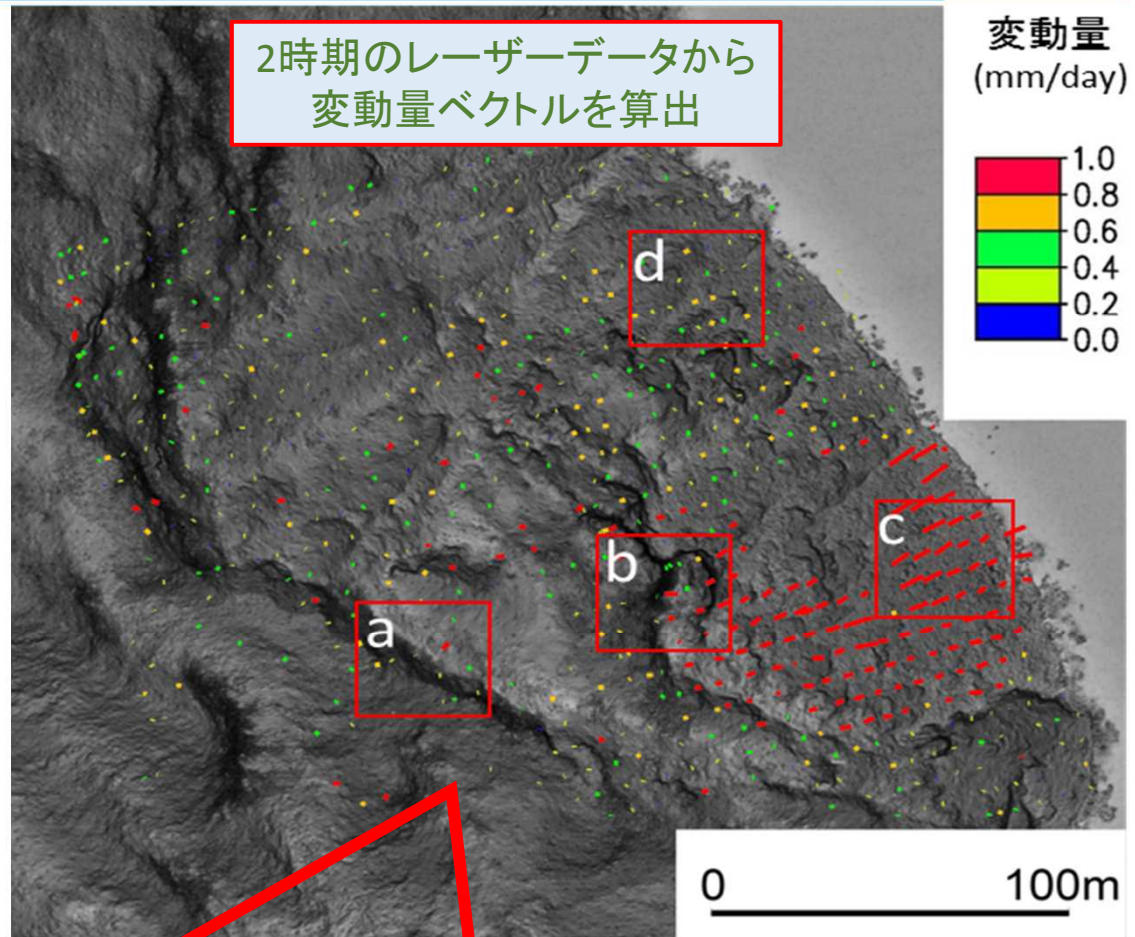
小領域の明度勾配の方向別ヒストグラムを作成して特徴量とする

Histogram of Oriented Gradients (HOG)

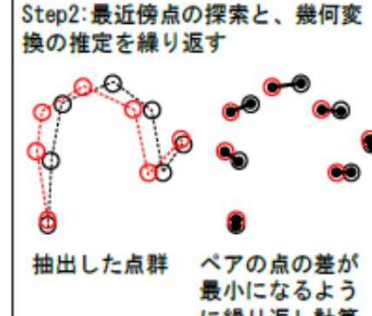
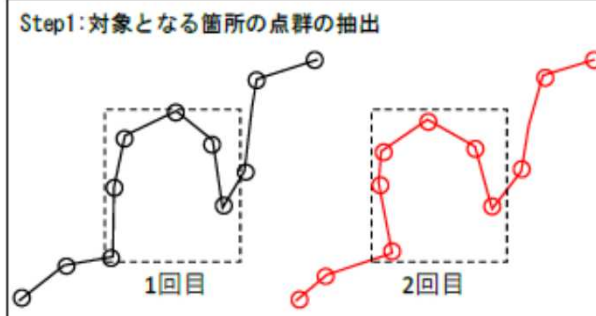


1. 画像をCellに分割
2. Cell内の勾配方向のヒストグラムを作成
3. Block内のCellが持つヒストグラムを連結して正規化
4. 各ブロックの正規化ヒストグラムを連結してHOG特徴を作成

変状の発生具合の定量化技術の開発

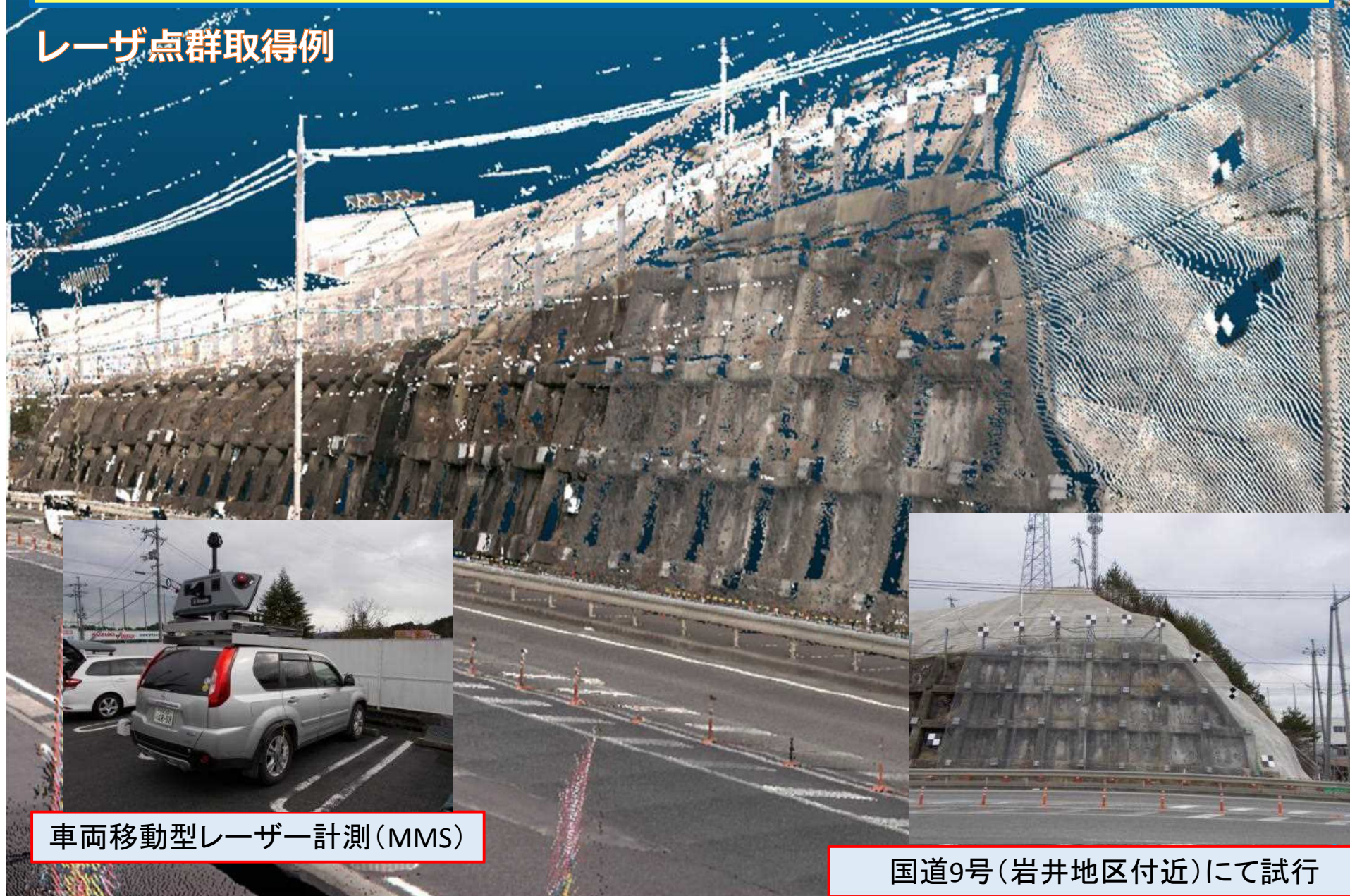


ICP(Iterative Closet Point)解析
自動運転SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)技術の転用：レーダの情報をリアルタイムで集めて周辺地図を作り、その地図情報と新しい観測値を照合して自車位置を推定する手法



変状の発生具合の定量化技術の応用
：車両走行移動計測により対策工修了後の法面変状を迅速・簡便に計測

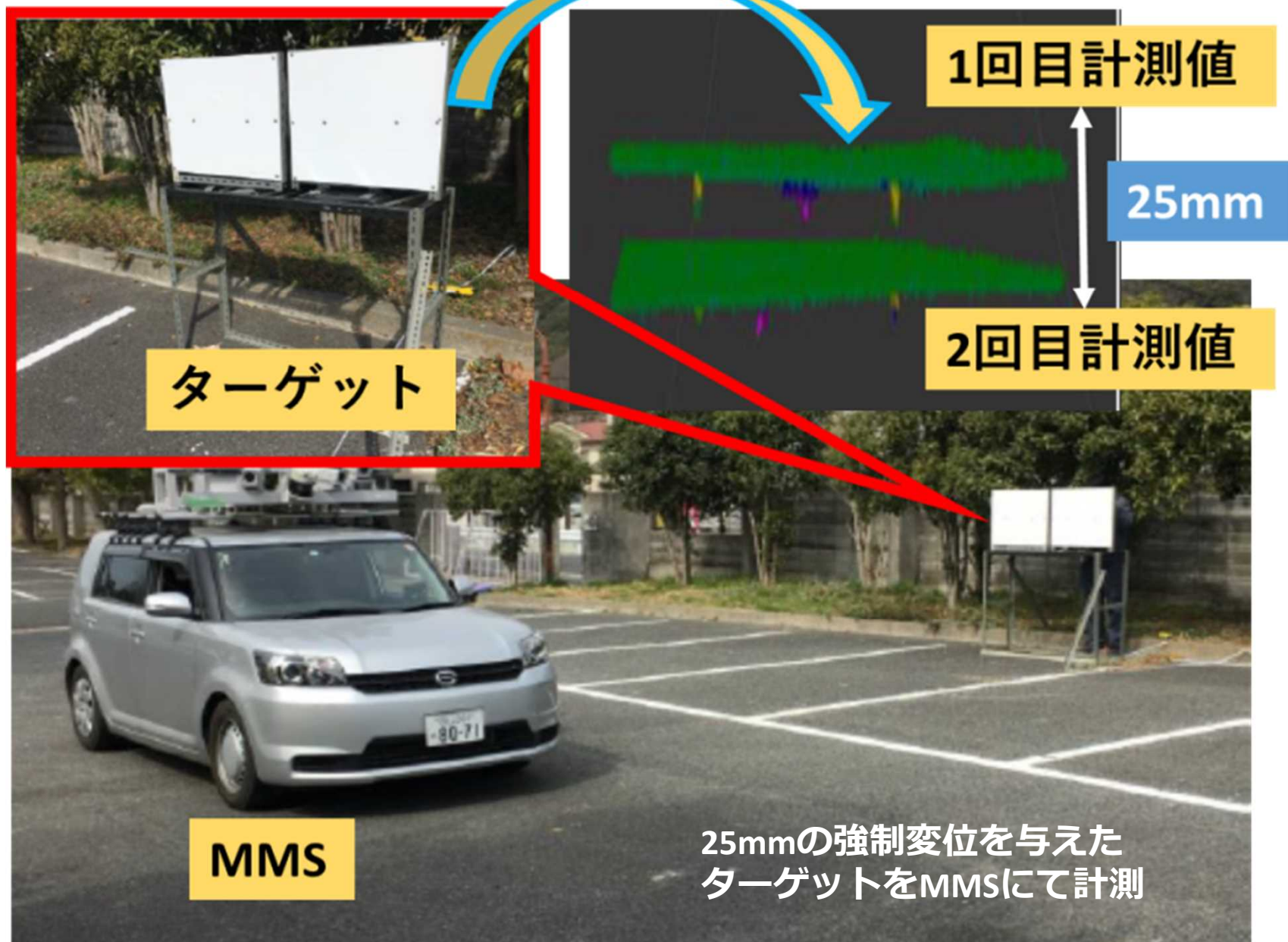
レーザ点群取得例



車両移動型レーザー計測(MMS)

国道9号(岩井地区付近)にて試行

変状の発生具合の定量化技術の応用
：車両走行移動計測への適用 リアルタイム変状検出を可能に



2017年度（1年目） 効率的＋確実な“崩壊箇所”検出調査手法の構築

- 1) レーザ一点群の最適な微地形強調図の作成工程を確立
： 等高線＋傾斜量＋微地形強調フィルターの選択と調査精度を確認
- 2) 微地形判読のためのAIプログラムの開発
： 解析処理を自動化するための基本技術を確立
- 3) さらに効率化に向けたレーザ一点群変動量自動算出プログラムの開発
： MMS計測による対策工の点検を可能に 福知山河川国道事務所と連携

2018年度（2年目） 研究開発の内容

1)～3) ＋ レーザードローン計測技術の確立 ⇒ 調査点検ツールの試作

背景：レーザ一点群による斜面の3次元化

