

# ICRT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

ICRT: Information, Communication and Robot Technology



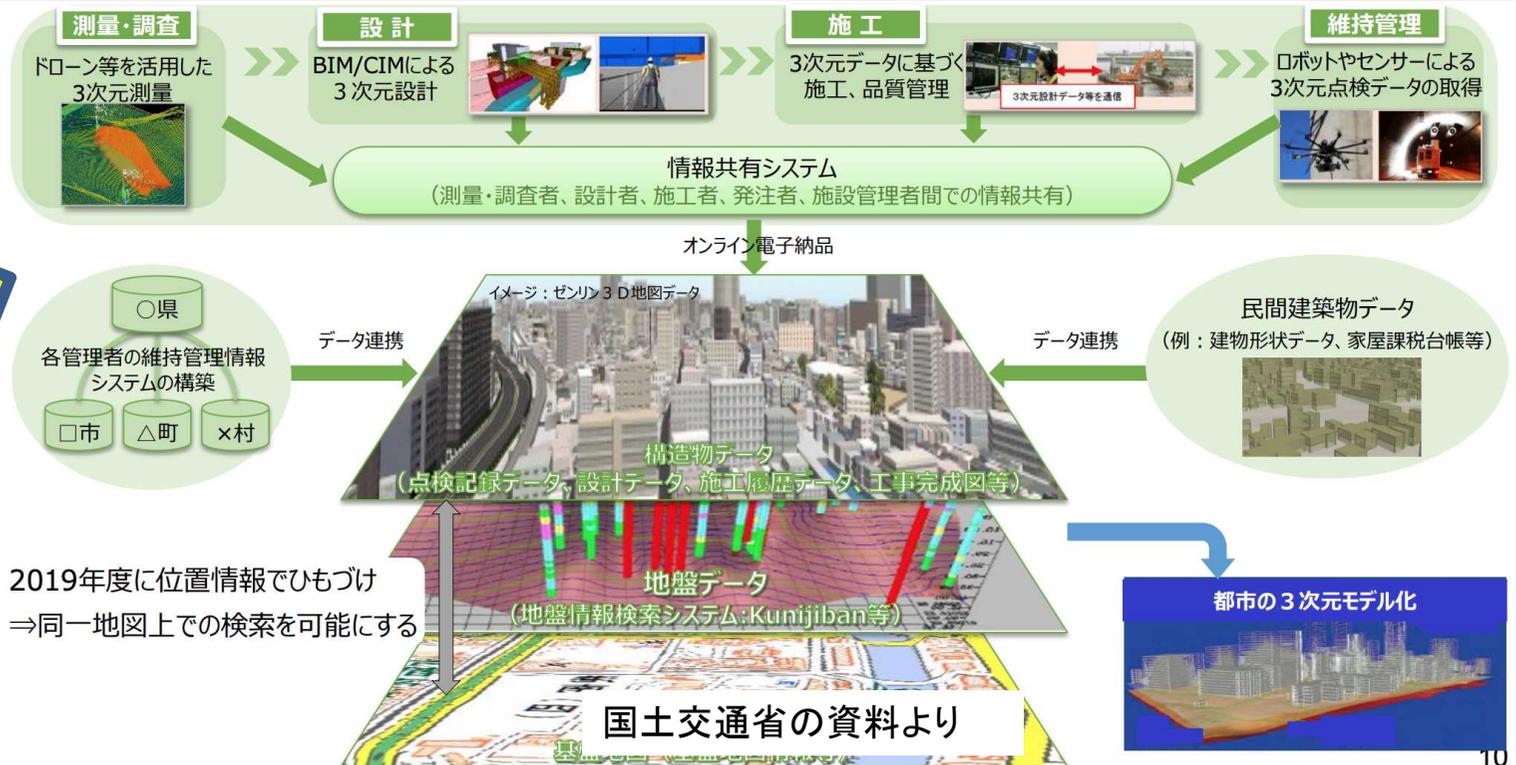
技術者不足  
をどうする？

今の斜面点検は  
このままで良いのか？



見逃しは無いのか？

世界は“Society5.0”に向けて動き出している：斜面防災は取り残される危機にある



デジタル3次元  
の積極的活用



“建設DX”  
を斜面防災で  
活用できない  
のか？

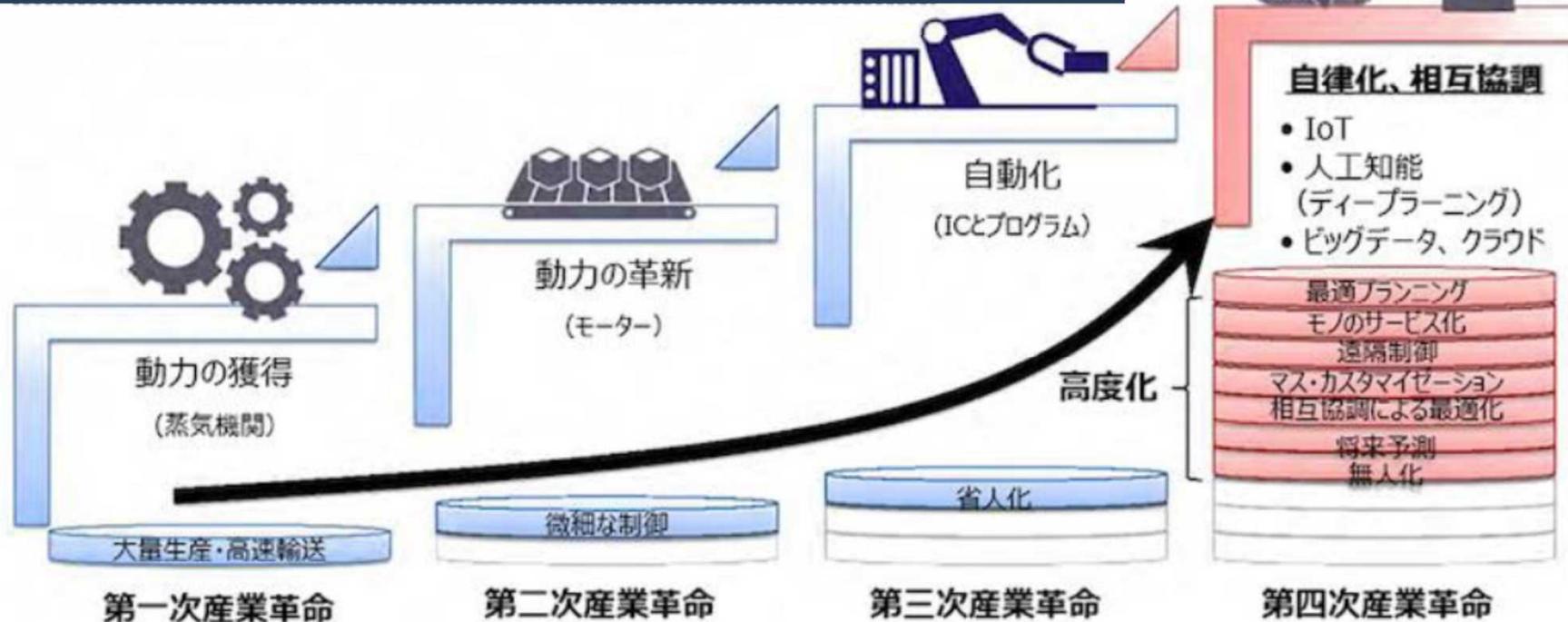
# 産業界（すべての産業分野）で何が起きているのか？

新しいスマート社会：Society5.0を目指す“働き方改革”が始まっている

生産年齢人口の減少⇒ デジタル革命による生産性向上  
コロナ後を見据えたデジタル技術による“働き方改革”



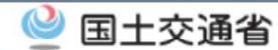
土木・建設業では  
建設DX（デジタルトランスフォーメーション）と称する



中小企業庁資料より

<https://www.chusho.meti.go.jp/koukai/kenkyukai/smartsme/2017/170517smartsme05.pdf>

# 本研究の目的： 斜面防災・減災における“i-Construction”の基礎を構築する Society5.0におけるi-Constructionの「深化」



- Society5.0においてi-Constructionを「深化」させ、建設現場の生産性を2025年度までに2割向上を目指す
- 平成30年度は、ICT施工の工種拡大、現場作業の効率化、施工時期の平準化に加えて、測量から設計、施工、維持管理に至る建設プロセス全体を3次元データで繋ぎ、新技術、新工法、新材料の導入、利活用を加速化するとともに、国際標準化の動きと連携



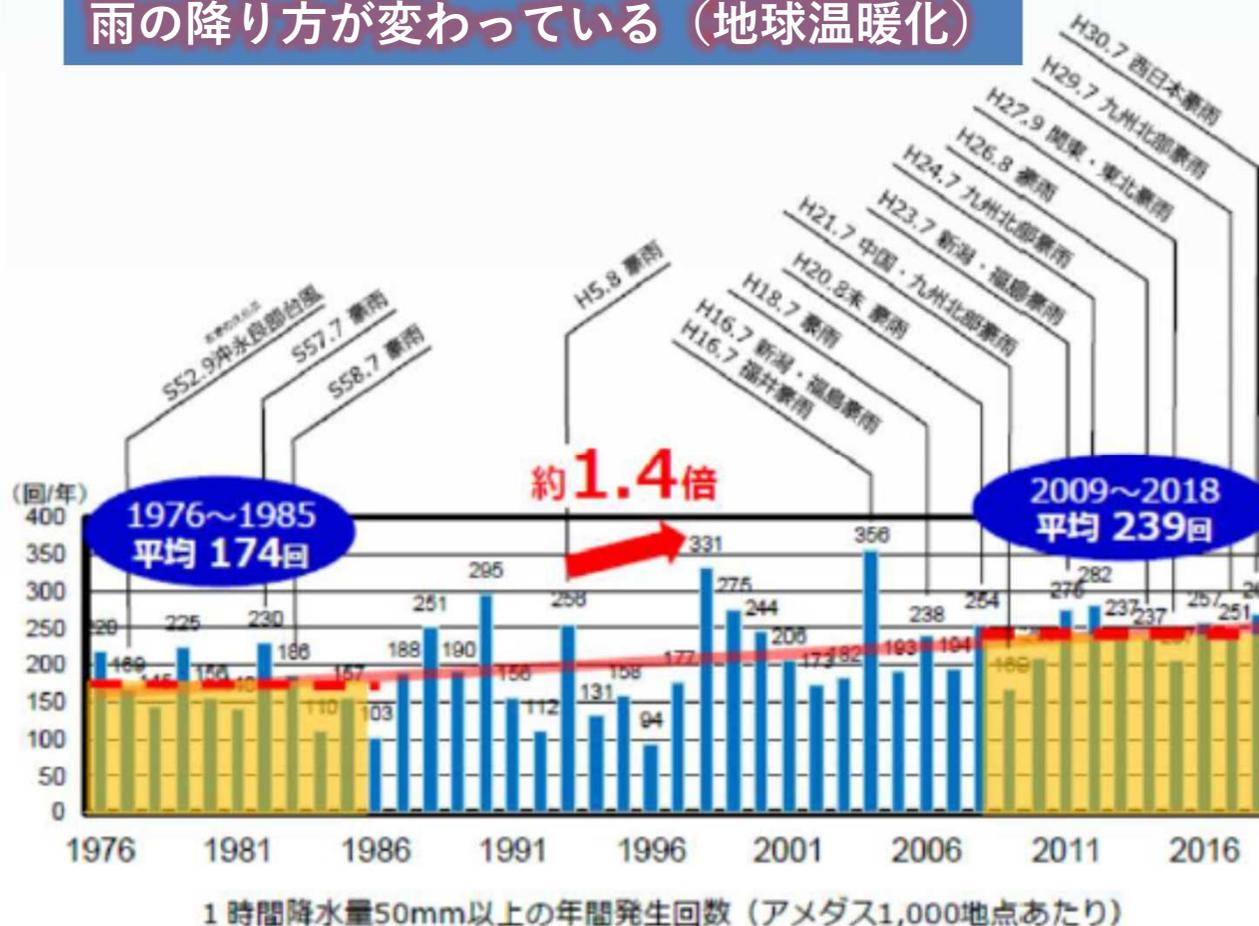
調査(点検)に必要な3次元モデルの“詳細度(点群密度と精度)”と“取得法”の指針となるデータを整理する。  
⇒ 調査(点検)データを設計(対策工の検討)へ受け渡す

本テーマの背景にあるのは“i-Construction”の考え方  
 : “建設現場”を“最先端の工場に”という考え方  
 特に“防災・減災”では“最先端ICRT技術の導入”が必要になる？



何故 “最先端技術”が必要になるのか？ : 下記の問題があるからです。  
 技術者不足, 財政難 + 災害が激甚化している (経験が通用しない)

雨の降り方が変わっている (地球温暖化)



本研究テーマは  
 最先端技術である  
 IoT, AI, ビッグデータ  
 というものの  
 使い方を提案する



これらのツールを  
 “普段の仕事で  
 どのように使えば,  
 何ができるのか” を  
 防災・減災の観点から  
 取りまとめるのが目的

国土交通省資料より

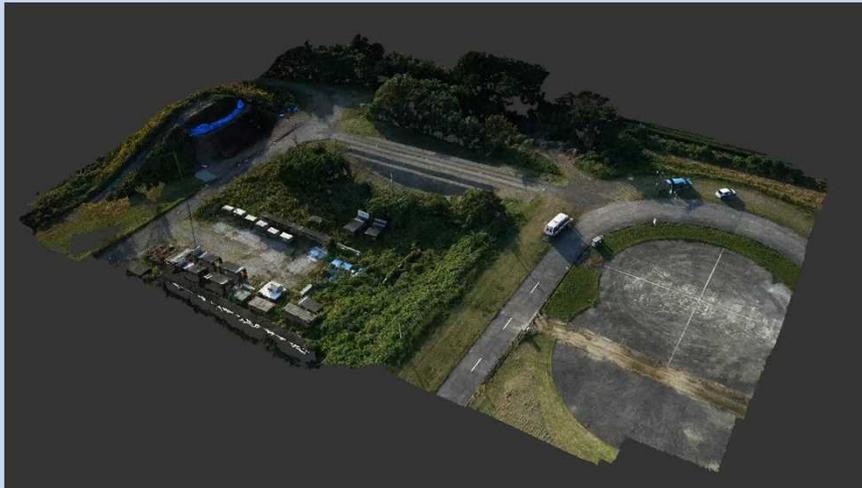
[https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/chousetsu\\_kentoukai/pdf/sankoushiryou.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/chousetsu_kentoukai/pdf/sankoushiryou.pdf)

## 土木・建設業界は？

- ・ 深刻化する熟練技術者の不足
- ・ 生産労働人口減⇒税収減⇒インフラ投資予算減
- ・ インフラ老朽化⇒単価の安い維持管理の仕事の増加
- ・ 若者は3Kに振り向かない：全産業で労働者の奪い合い



“予想できない”災害の激甚化：経験が通用しない



国土交通プラットフォーム構想  
都市のモデル化(株アミューズワンセルフ提供)



i-Construction  
施工現場のモデル化(株荒木組・ウエスコ提供)

国土を守る使命を託された防災・減災分野こそ“変わらなければいけない”  
：ICRTによる3次元技術を導入しないと産業界から淘汰される

## 1. “航空レーザー測量”の活用方法の見直し

植生に覆われた斜面調査には  
航空レーザー測量を適用してきた



作成された3次元モデル

“3次元の活用”において明らかになっていない事

- ・ 3次元を活用すれば何が見えるのか？
- ・ 見えたものは、どこまで正確なのか？
- ・ ベテラン技術者の目視より信頼できるのか？
- ・ 安いのか(どこまで低コスト化できるのか)？

要は“3次元”にすると何に使えて、何ができるのか？”  
が明らかになっていないために活用法が分かっていない。

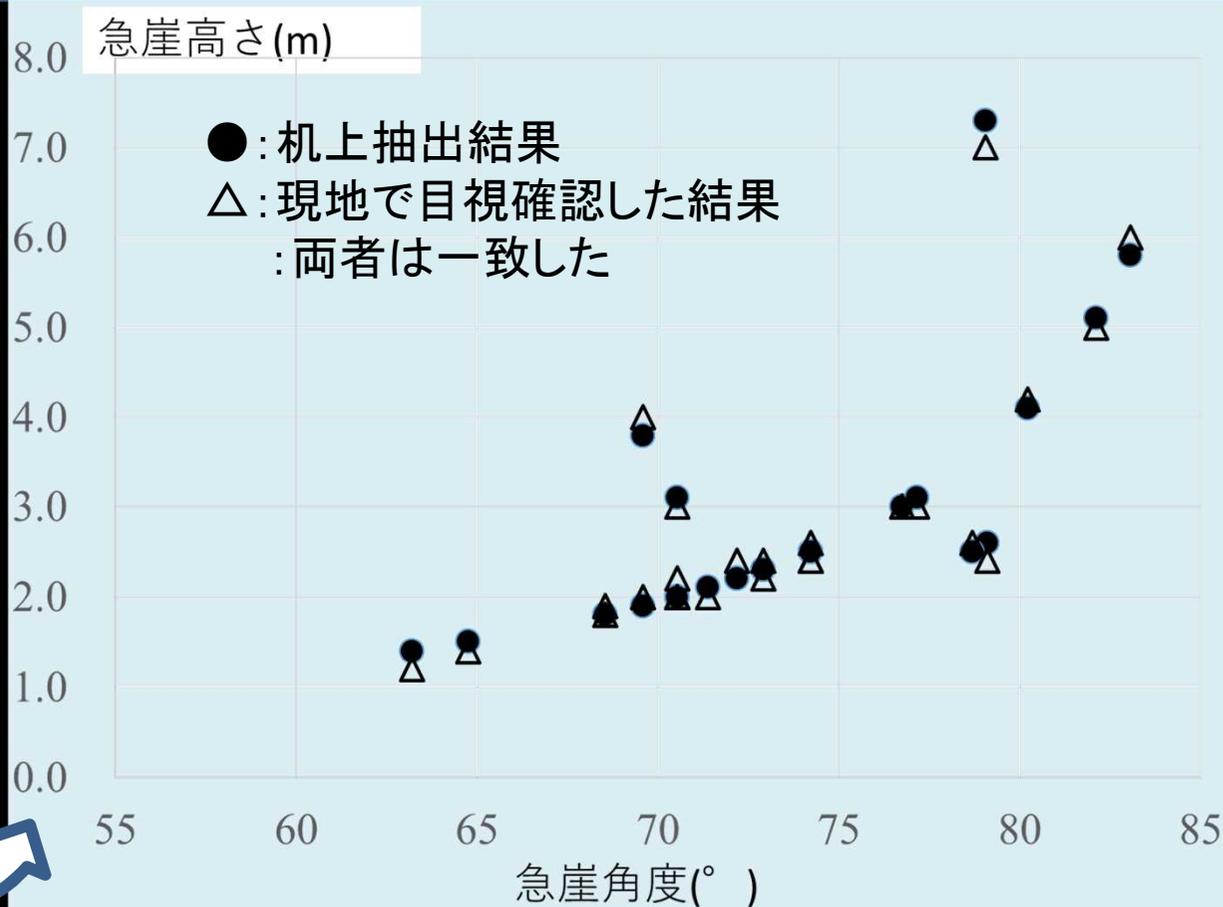
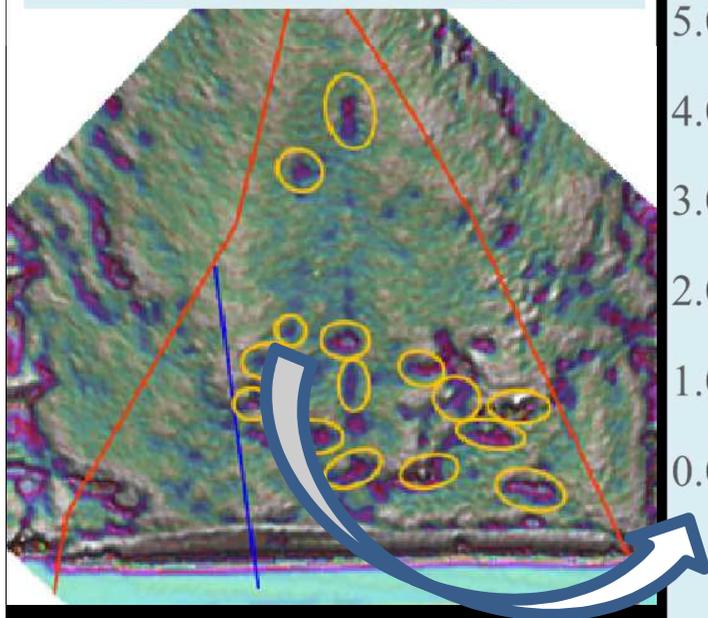


航空レーザー測量を事例に3次元データの活用法を明らかにする

# 課題:「3次元データによって何が見える?」「正確なのか?」 急崖箇所(落石源)の机上調査の検証結果

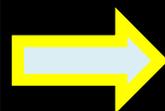
航空レーザー測量データ  
から作成した地形図で  
危険箇所を確認

航空レーザー測量によって  
可視化した斜面の例



<レーザー地形図を活用した結果>

- ・高さ1.4m以上の落石発生源
  - ・角度60度以上の落石発生源
- を確実に机上抽出できる



結論

“目視確認”が必要な箇所は  
航空レーザーデータによって  
見逃しなく机上抽出できる。

どの程度の危険個所を机上調査可能なのかを検証  
: 見逃し易い箇所を抽出できた

- 抽出可
- 谷地形
- 抽出不可

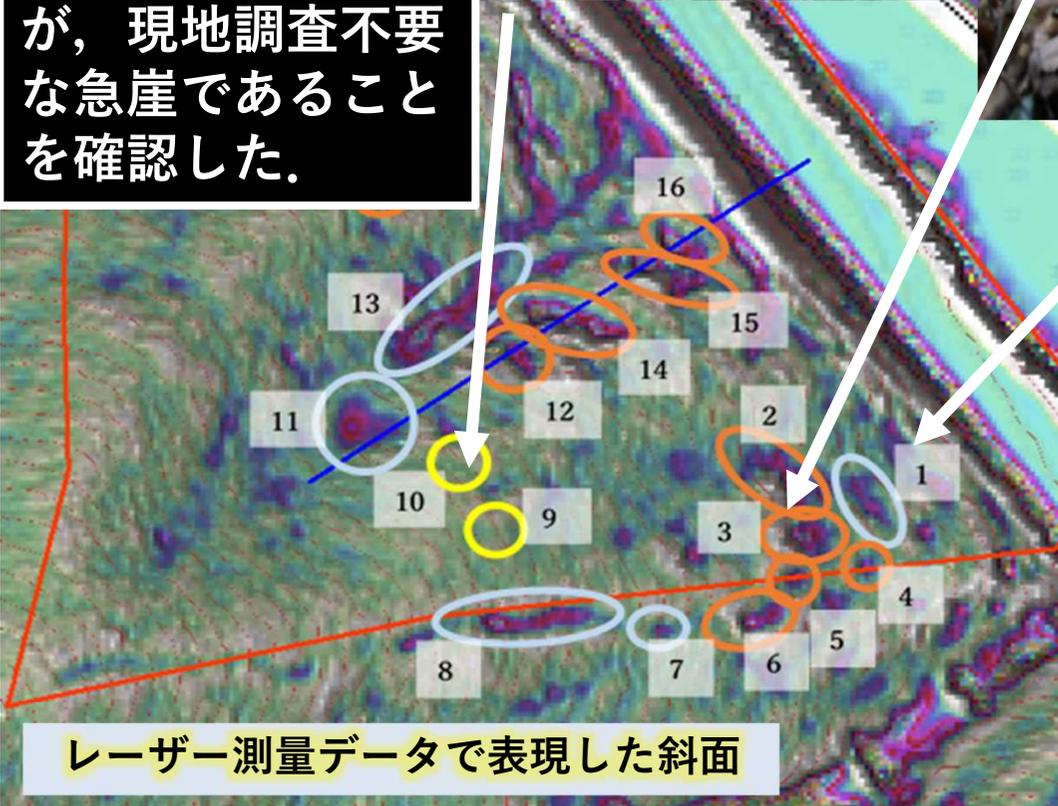


No.9  
1.2m  
急崖



No.3  
1.6m  
急崖

No.9,10は机上で抽出出来なかったが、現地調査不要な急崖であることを確認した。



レーザー測量データで表現した斜面



No.4  
1.4m  
急崖

植生下の地表面を捉えて可視化

# 課題:「3次元データによって見えるものは信頼できるのか？」

## 急崖箇所(落石源)の机上調査の検証結果

:同じレーザの仕様でも夏季と冬季では見えるものが変化する

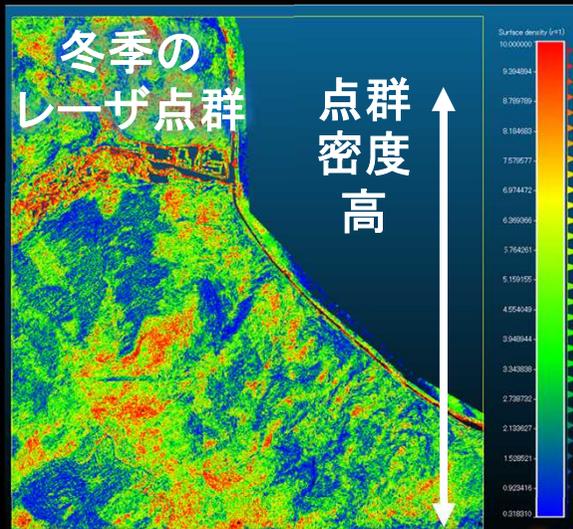


計測対象箇所  
計画 10点/m<sup>2</sup>

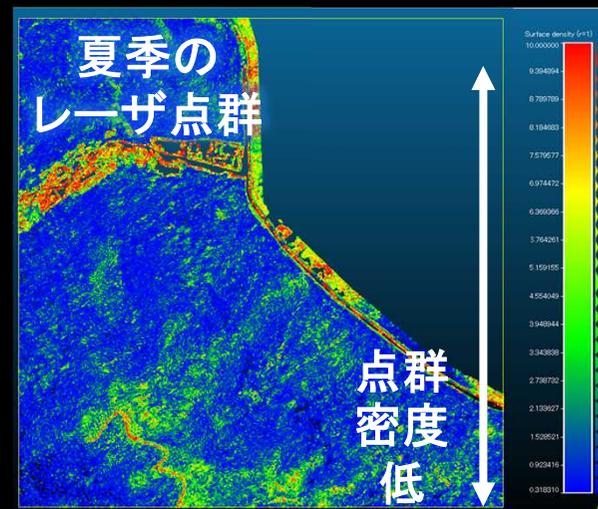
4点以上/m<sup>2</sup>の点群密度を得ることが重要である

### 結論

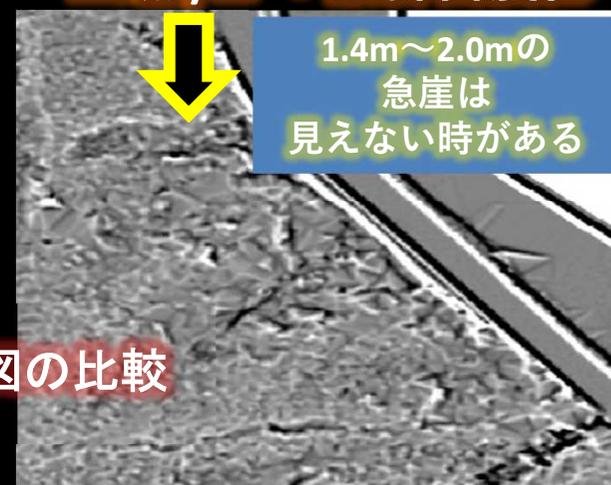
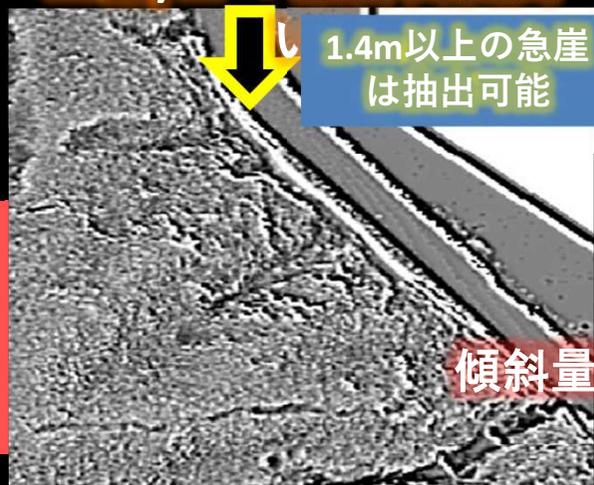
1.4m~2.0mの急崖の抽出の信頼性が変化する(見えたり見えなかったりする)



冬季に計測したデータ  
4.8点/m<sup>2</sup>: 点群密度高



夏季に計測したデータ  
1.0点/m<sup>2</sup>: 点群密度低



傾斜量図の比較

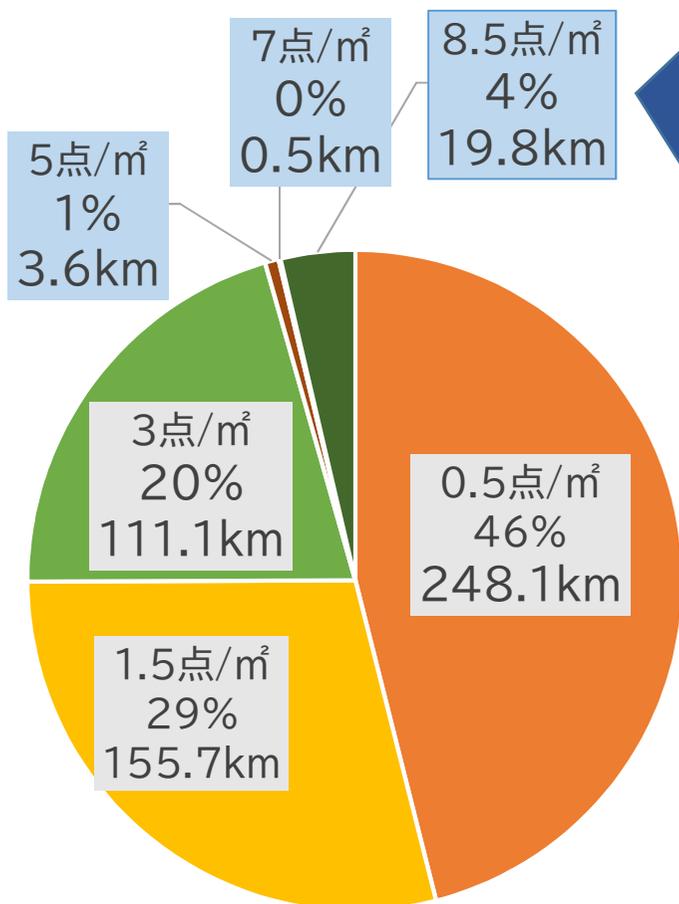
# 課題:「3次元データによって見えるものは信頼できるのか？」

## 急崖箇所(落石源)の机上調査の検証結果

### : 点群密度をどのようにして向上させるのか？

現在の航空レーザーデータの仕様

: 点群密度の高いものは数%



格子状コース

10点以上/m<sup>2</sup>



80万円以上/km

単コース

4点以下/m<sup>2</sup>



45~60万円/km

飛行コースを重ねるのが一般的

しかし、それではコストが大きく異なる

コストをかけずに“信頼性”を向上させる方法

- ・ 単コースで良いから“計測時期”を考える
- ・ 微地形を抽出する解析手法を工夫する
- ・ AIを使って熟練技術者のノウハウを再現する。

### 計測季節による違い

急崖高さ	格子状夏	格子状冬
6.0	○	○
2.0	×	○
4.0	○	○
4.0	×	○
8.0	○	○
2.0	×	○
6.0	○	○
6.0	×	○
3.0	×	○
4.0	○	○
2.0	×	○
2.0	×	○
3.0	×	○
2.0	×	○
2.0	○	○
4.0	○	○
4.0	○	○
6.0	×	○
4.0	×	○
2.0	○	○
3.0	○	○
4.0	×	○
4.0	×	○
6.0	○	○
6.0	○	○

### 冬季の計測における かけるコストによる違い

急崖高さ	単コース	格子状コース
2.0	○	○
8.0	○	○
6.0	○	○
2.0	○	○
4.0	○	○
4.0	○	○
8.0	○	○
2.0	○	○
6.0	○	○
6.0	○	○
3.0	○	○
4.0	○	○
2.0	×	○
2.0	○	○
3.0	○	○
2.0	○	○
2.0	○	○
4.0	○	○
4.0	○	○
6.0	○	○
4.0	○	○
2.0	○	○
3.0	○	○
4.0	○	○
4.0	○	○
6.0	○	○
6.0	○	○

○: 抽出可 ×: 抽出不可

### 航空レーザの使い方の工夫

- 格子状コース(高コスト)でも“夏季”は2.0mが見えない。
- 単コース(低コスト)でも“冬季”は“格子状”に匹敵。



### 航空レーザの仕様

低コスト: 単コース  
+ “冬季”実施

により,  
1.4m以上の急崖の抽出が  
可能な生データが取得可能

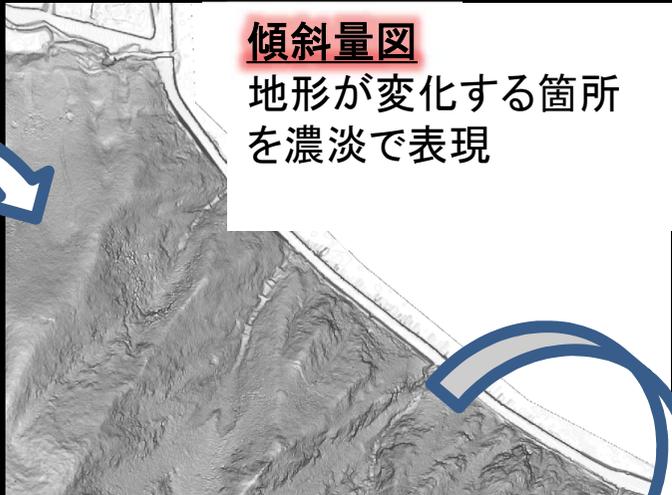


確実に机上抽出するため

- 土木研究所推奨のデータ処理
- 人工知能(AI)の導入を薦める。

処理の工夫(1)  
土木研究所推奨の手法を導入すること

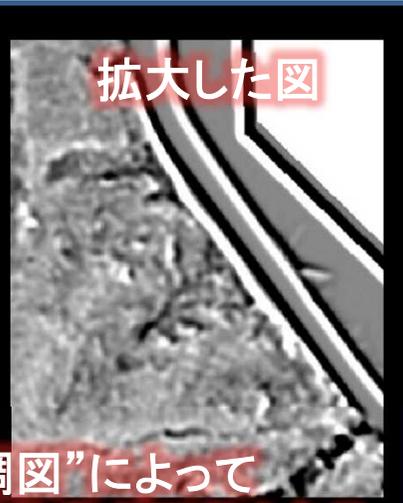
3次元モデルを作っても  
熟練の判読作業が必要になる



地表面の微地形を  
表現する図を作成

傾斜量図とウェーブレット解析図を合成  
この図で危険個所を机上抽出する

ウェーブレット解析図  
凹凸を強調して表現する



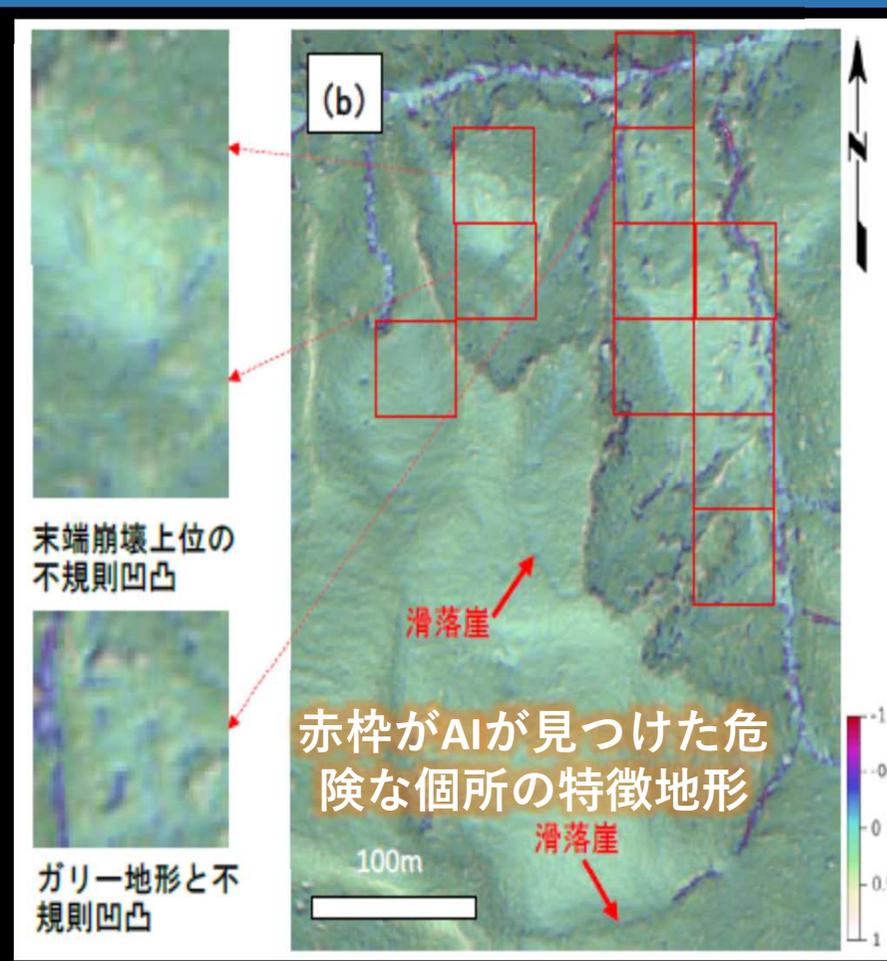
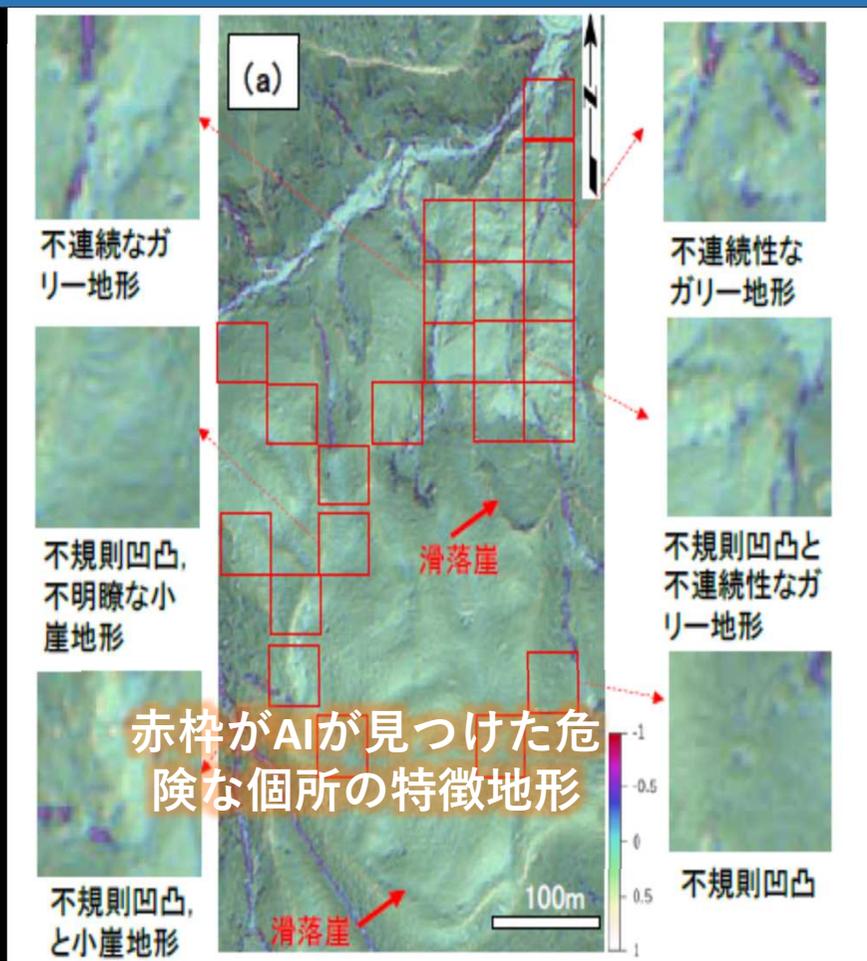
“微地形強調図”によって  
見逃しの無い判読作業が可能となる

## 処理の工夫 (2) : 人工知能 (AI) による自動判読ソフトの完成

- ・ 不規則な凹凸地形
  - ・ 微小な末端崩壊の有無
  - ・ 豪雨時の集水域
- という過去に崩壊した地形の特徴から危険な個所を自動的に抽出



崩壊箇所90.2%の正答率で抽出：“過去に崩壊した地形の特徴あり”とAIが判断  
⇒ ベテラン技術者の判読と同等の成果を得られる自動化処理が可能  
なお、ソフトはオープンソースのものを利用した



高度化への工夫：ドローンによるレーザー測量との組み合わせ  
+ “2時期のレーザー点群からリアルタイムに変状発生個所を抽出  
⇒ “ビッグデータ”でも解析の労力が不要になる。



既に河川分野では陸上・水中ドローンが各整備局に配置されている

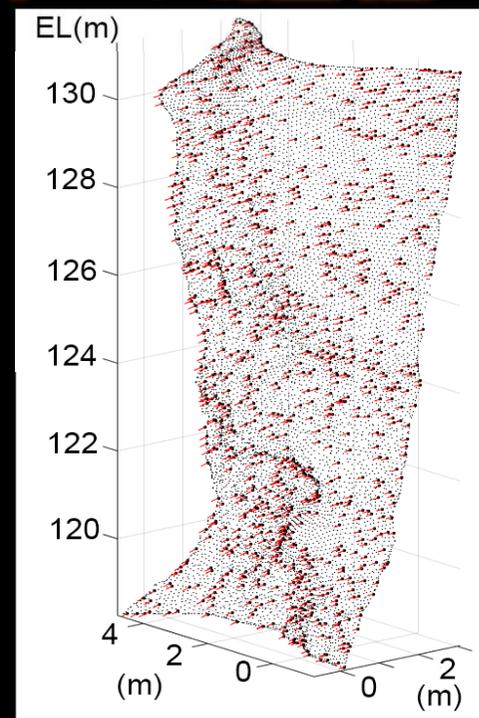


災害後や雨天後など水に濡れた斜面でも陸上・水中ドローンで測量可能

ドローンレーザ測量：100点/m<sup>2</sup>の高密度を活用すれば変状発生個所が詳細に分かる



2時期の重ね合わせソフトはオープン化されている：陸上・水中ドローンとの組み合わせで迅速・簡便・リアルタイムに斜面を調査



斜面の変動個所の量と方向を表示させた事例

(株)アミューズワンセルフ提供

# 点作業の高度化への工夫

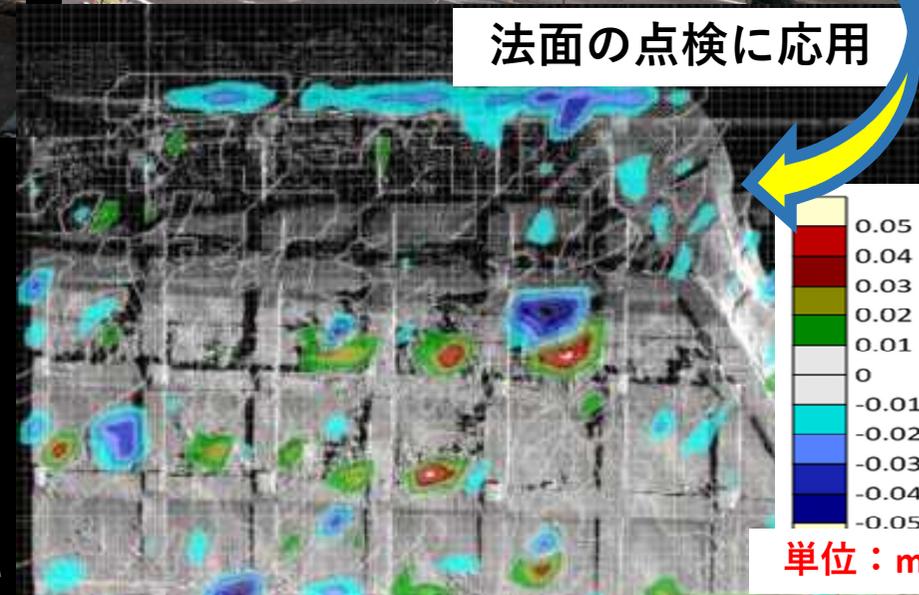
：車両による移動測量（MMS）によるレーザー測量との組み合わせ  
+ “2時期のレーザー点群からリアルタイムに法面の変状を抽出



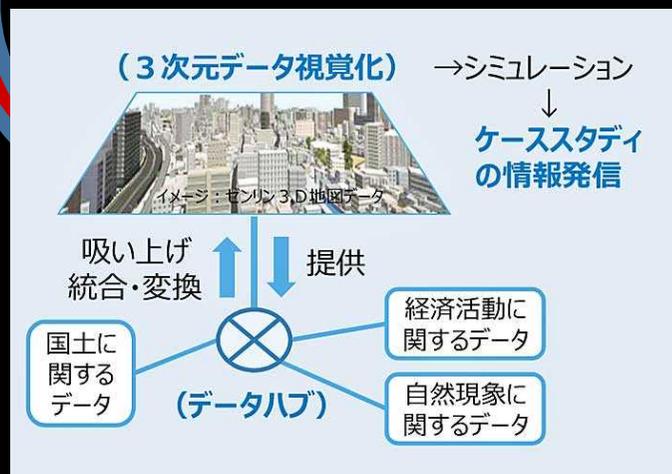
**MMS測量**  
**10点/m<sup>2</sup>の高密度**



国道9号線の法面の3次元モデル事例



法面の点検に応用



国土交通プラットフォームとの連携

3次元データベースからデータを取り出し、  
2時期間の変動個所の量と方向を表示

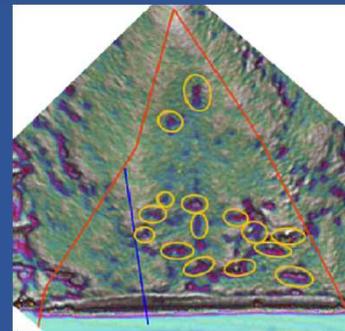
結論：斜面管理におけるICRT技術の実装の有用性を実証  
 “熟練技術者の目”による管理+ICRTによる“3次元データを活用した”管理



“目視だけ”では見逃しが多い



3次元モデルデータベースを活用



3次元モデルの詳細度を  
を考察 (4点/m<sup>2</sup>)  
航空レーザー測量の  
計測時期の選択で  
低コストの実施可能



課題国土交通プラットフォームと斜面管理用オープンデータの連携  
 (資料:国土交通省)

オープンソースのAIソフトで膨大なレーザー点群から危険箇所が抽出可能

ドローンレーザー測量の高密度点群を重ね合わせて変状抽出可能