

新都市社会技術融合創造研究会 研究成果報告会

建設DXにおける「トンネル点検支援技術、斜面
防災・減災」の取り組み

トンネル点検支援技術の高度化に関する研究

3.点検支援へのAI活用

(株) ニュージェック
中園 康平

1

7.点検支援へのAI活用

7.1 概要

- AIを用いることで点検作業者の負担軽減が期待されている
- コンクリート構造物のひび割れ抽出等のAI技術は数多く存在する
ひび割れ検知能力を重視するため、ひび割れトレースの負担軽減はされるが、必ずしも現地での負担軽減につながらない
- AIにより一定のブロックごとに健全性を判定し、健全部をスクリーニング
- 要点検箇所を絞り込むことを目的とする

2

7.1 概要

AI開発が抱える課題

- 大量のデータが必要
- 大量データを集めるだけでは、性能は安定しない
- 十分な品質を持つ良質データを収集する必要がある
- 教師データ作成にはAIの知識が必要
- 健全部か変状かを見分ける能力が必要。AI技術者に教師データ収集は困難。
- AI作成に際し、変状部データ量が不足

3

7.2 AI活用の目的

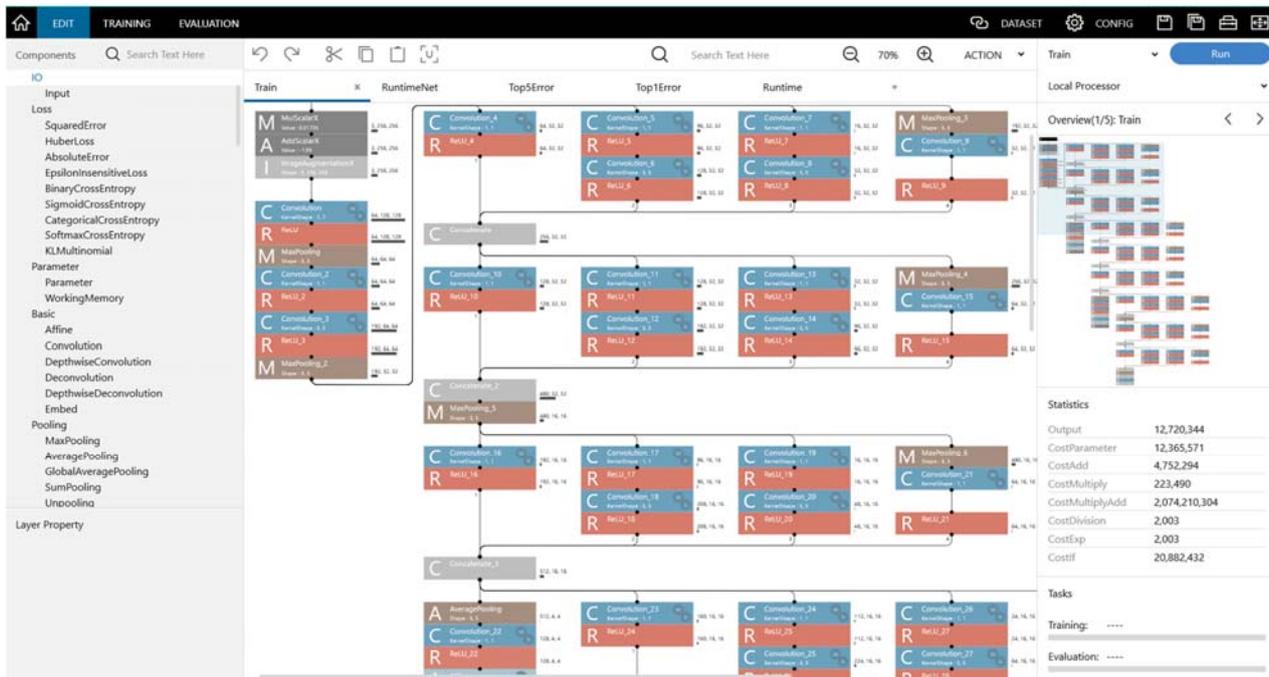
- 目視点検前のスクリーニング
変状を発見するのではなく、
→ **正常な箇所を見つけ出す**ことにより、目視点
検時に、打音検査不要な健全部を抽出
- 点検現場における負担軽減、作業効率化

4

7.3 AI開発環境について SONY Neural Network Console

深層学習

AI作成にはGUIベースで開発が可能なSonyNNC（フリーソフト）を使用



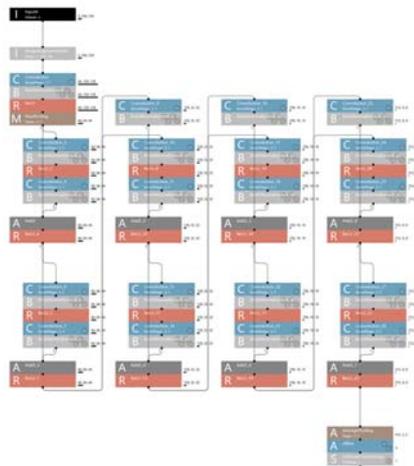
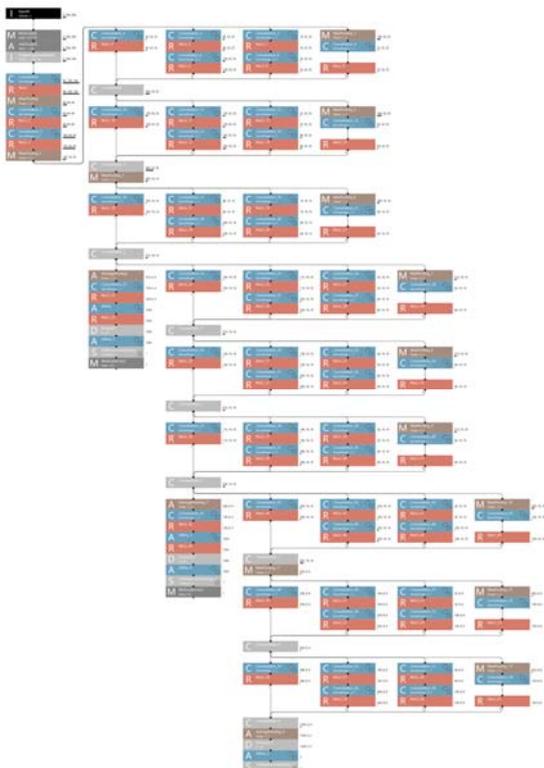
ネットワークの修正、構築等が容易に行える

7.3.2 既存ネットワークを使用したファインチューニング

一般的にネットワークを新たに設計構築するためには、大規模なデータおよび装置が必要

GoogLeNet

Resnet-18

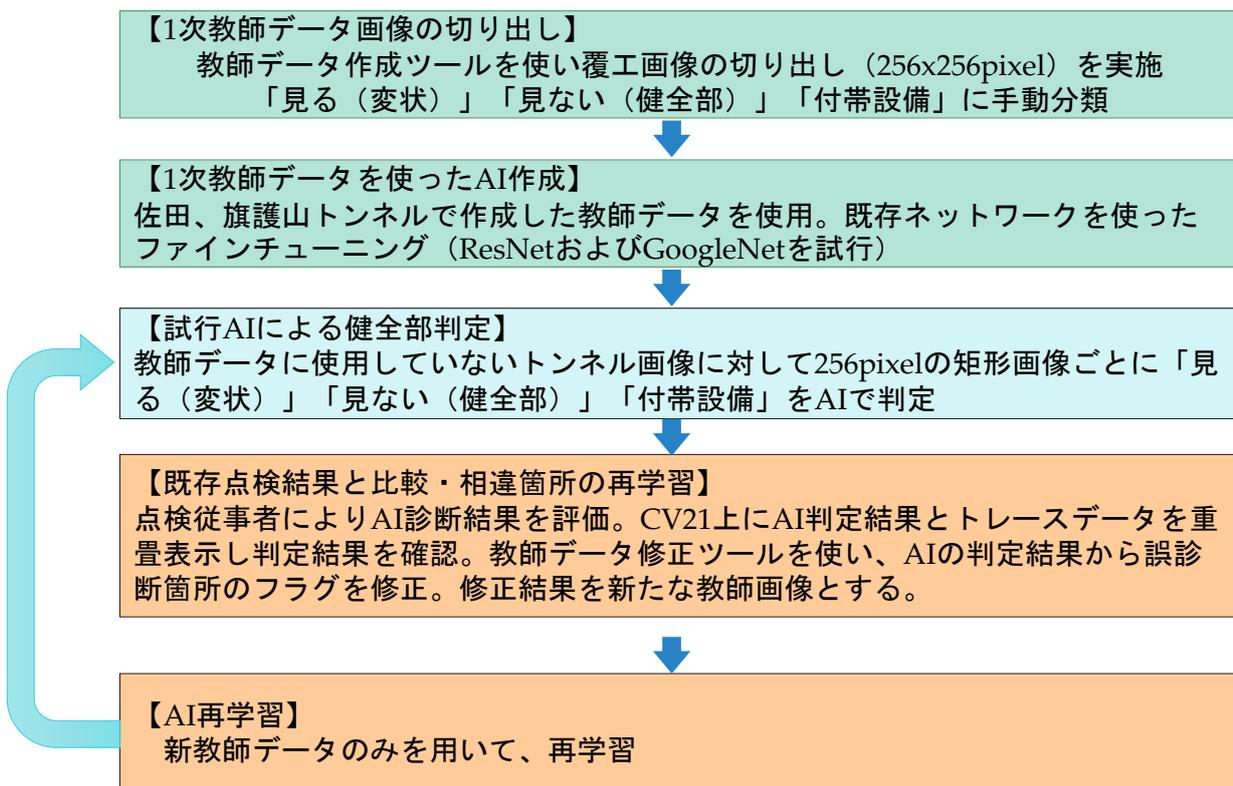


既存ネットワークを使って、パラメータを微調整するファインチューニングが有効とされる。

既存ネットワークは他の画像等について、性能が調整されている

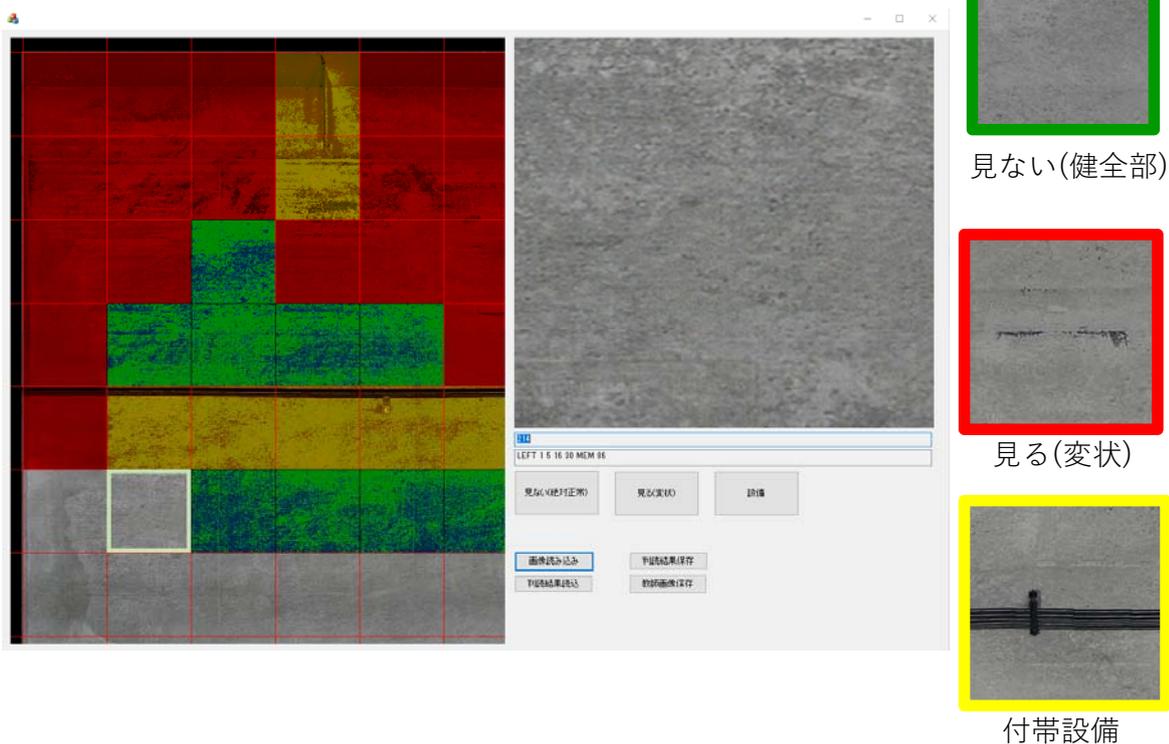
7.4 教師データ画像作成 7.4.1 概要

作成方針（概略フロー）



7

7.4.2 教師データ作成ツール



8

7.4.2 教師データ作成ツール 教師画像収集

教師画像作成GUIによって集められた画像をAI学習に使用

旗護山トンネル



変状 教師画像数
3359枚



健全部 教師画像数
4666枚



付帯設備 教師画像数
2114枚

佐田トンネル



変状 教師画像数
4796枚



健全部 教師画像数
13783枚



付帯設備 教師画像数
5261枚

健全、変状、付帯設備、計34,000枚の教師画像を収集

9

7.4.2 教師データ作成ツール 教師データ収集における課題

収集した34,000枚の教師データの傾向

- ・ 作業者による判断基準の統一が難しい。分類した作業者による差異。1名の作業者で収集を行う場合、大量の画像を収集できない。



(健全部)

(要点検)

判断基準が分類者によって異なる。
ばらつきに対する対応が求められる。



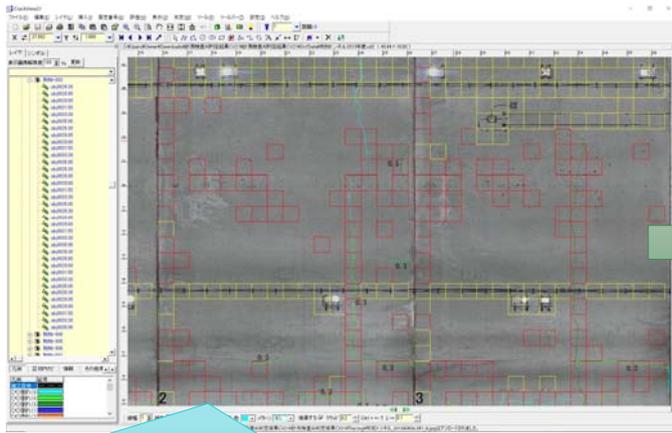
教師データ再収集は2度手間となる。

機材更新時に教師データを再収集が必要

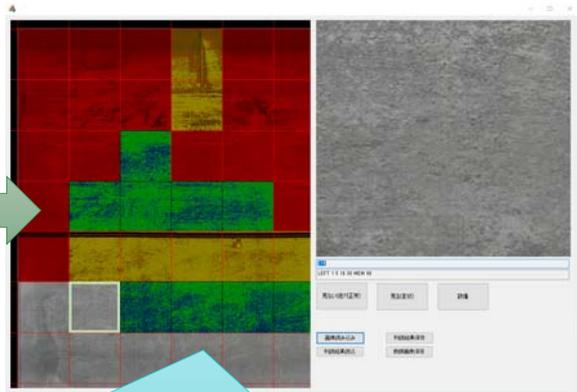
現状の方法では非効率的なため、教師データ収集の効率化が必要

10

7.4.3 判定結果を利用した教師データの再収集



初期教師画像を用いたAIによる分類結果
(教師データとして使用していないトンネル
画像を使用)



AIにより誤分類された箇所を選
択・分類を修正し教師データに追加
し再学習させる。

- ① 新規トンネル画像でAIにより判定を行う。結果はCV21上に表示
- ② 教師データ作成ツールでAIの誤判定箇所を再分類し、教師データを追加
- ③ 正当箇所も教師データとして新たに追加
- ④ 再学習

これによりAI点検、再学習を繰り返すことで性能向上を目指す。

11

7.4.4 教師データの更新作業1 (和知トンネル)

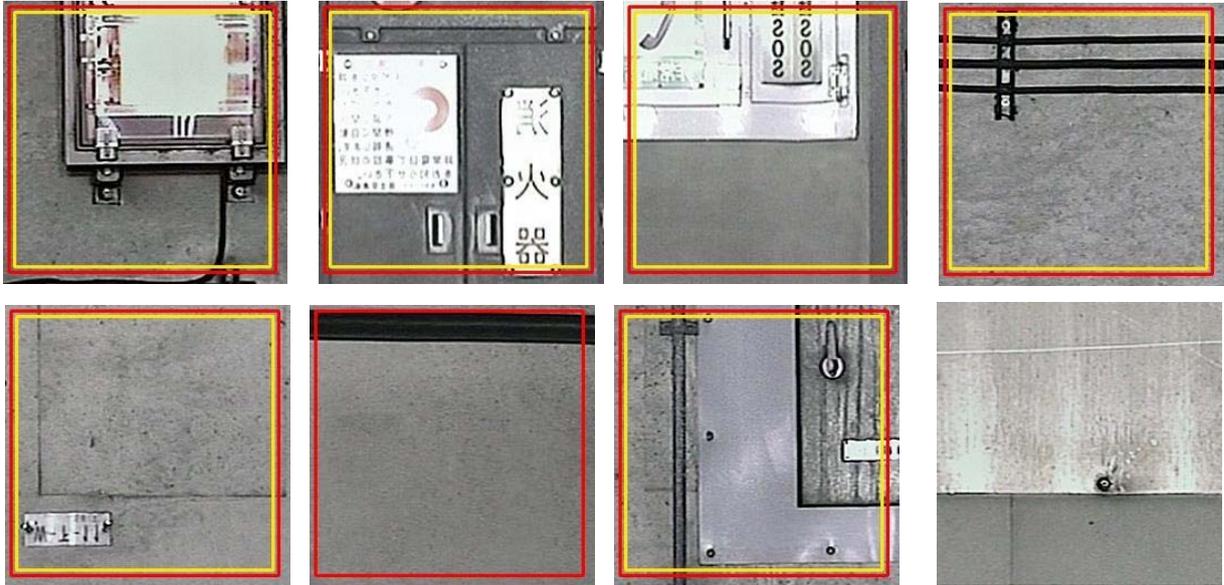
基本思想

- ・ 横断目地及び側壁下端目地：原則「見る」
- ・ 非常用施設、照明、照明ケーブル、JF等換気施設
：原則「付帯設備」
(画枠境界にケーブルがかする場合は「見ない」)
- ・ アーチ部の縦断連続するひび割れが「見ない」と
検出されているケースもあったため、それらは「**見る**」に更新
- ・ 表面の黒ずみや型枠跡を変状としてとらえている
ケースもあったため、検測孔跡以外は原則「**見ない**」

12

教師データの更新作業2（和知トンネル）

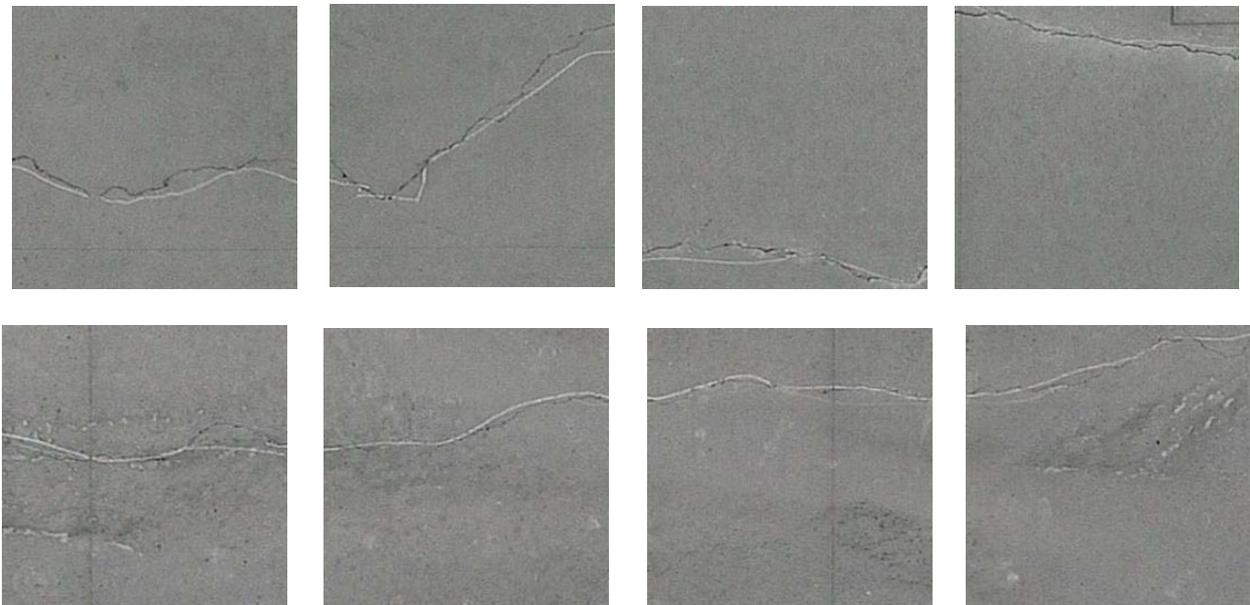
- ・ 非常用施設、照明、照明ケーブル、JF等換気施設
： 原則「付帯設備」
（画枠境界にケーブルがかする場合は「見ない」



13

教師データの更新作業3（和知トンネル）

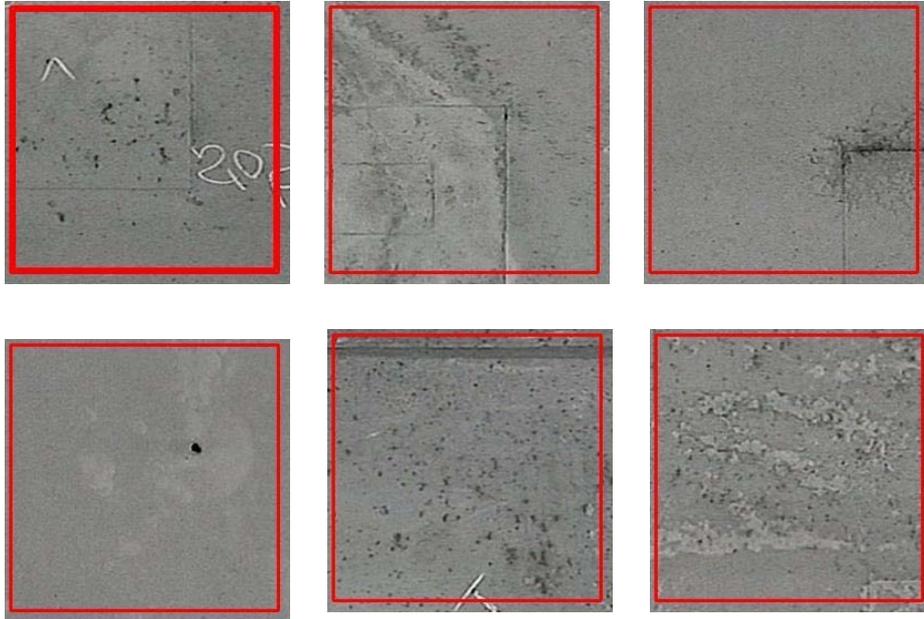
- ・ アーチ部の縦断連続するひび割れが「見ない」と検出されているケースもあったため、それらは「見る」に更新



14

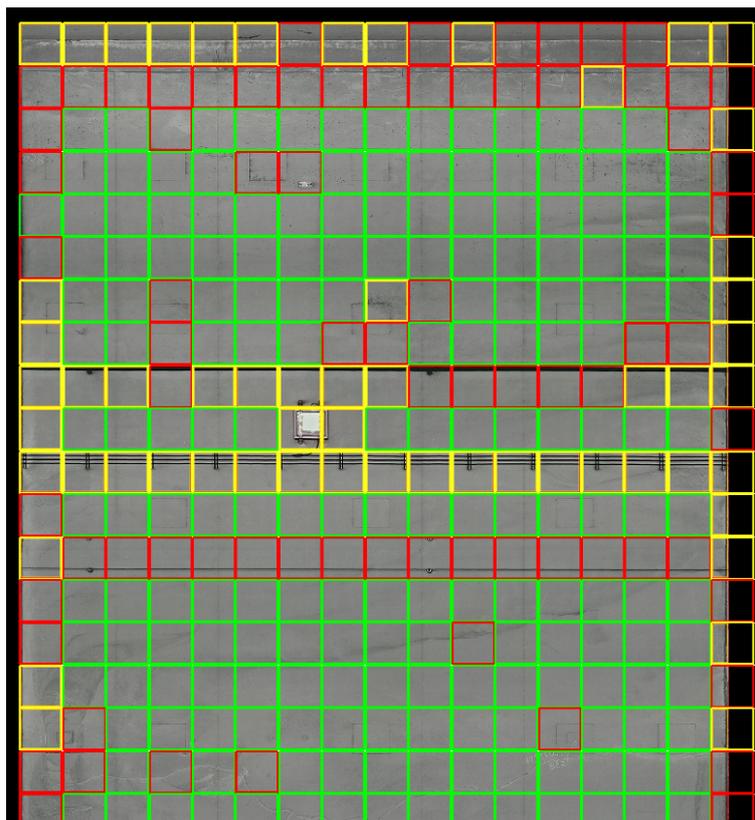
教師データの更新作業4（和知トンネル）

- ・ 表面の黒ずみや型枠跡を変状としてとらえているケースもあったため、検測孔跡以外は原則「見ない」



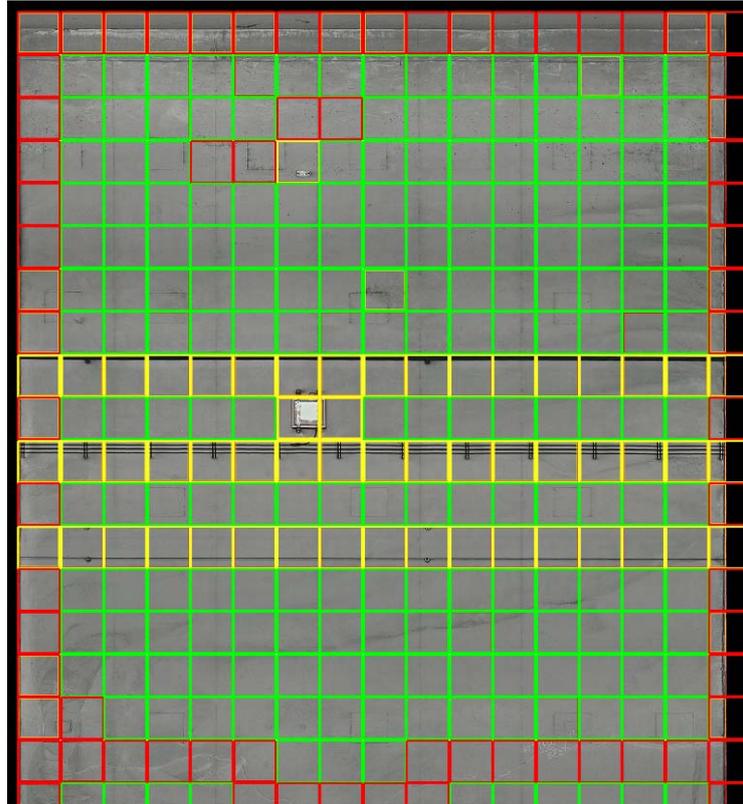
15

当初AI判定結果（和知トンネル左半分）



16

AI判定画像更新（和知トンネル左半分）

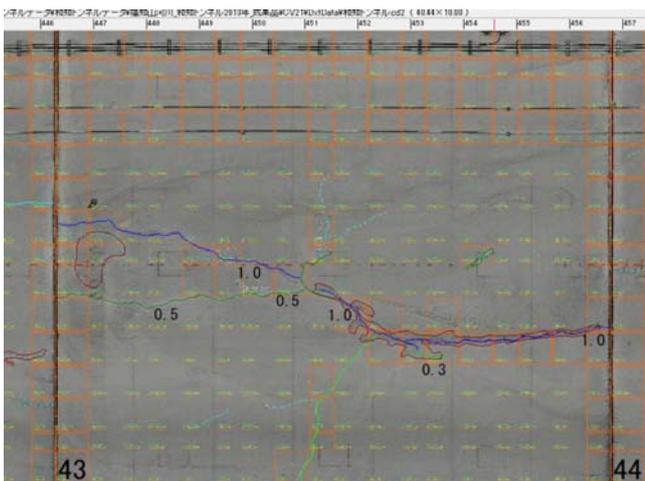


17

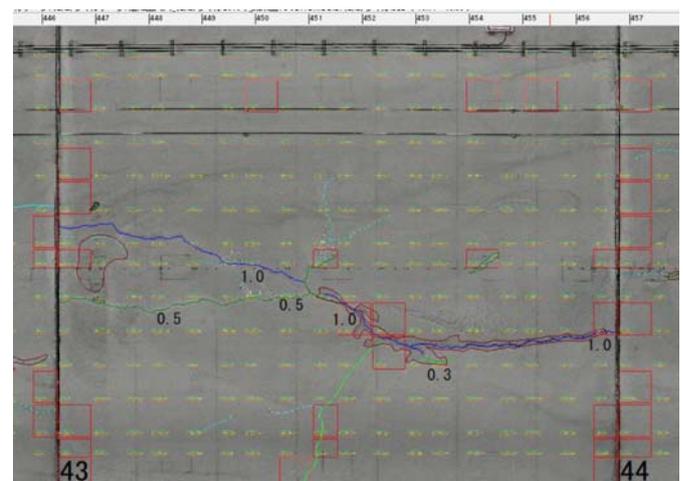
7.5 評価結果 初期教師データによる

C-V21上に重畳表示

判定結果の例（Resnet-18）



256×256pixel毎に“見ない（正常）”を判定。
見ないと判断されなかった箇所（変状候補）を表示



256×256pixel毎に“見る（変状）”を判定した結果

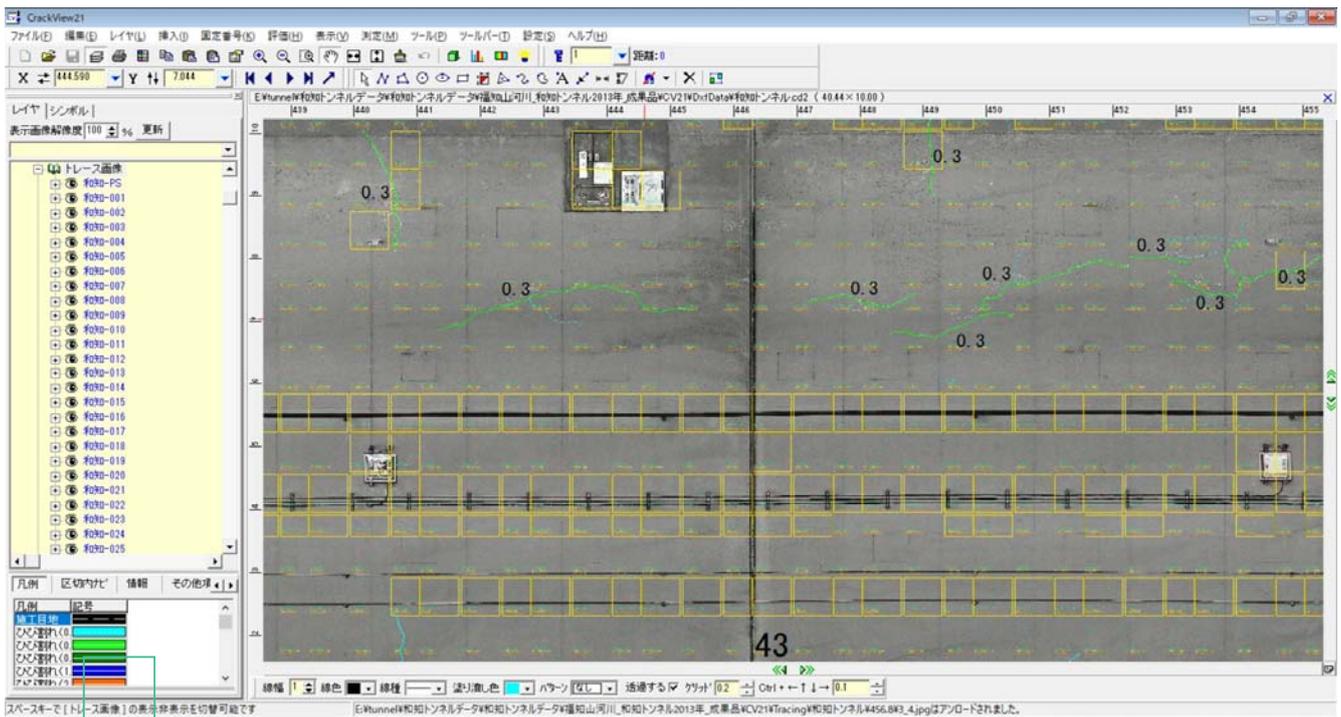
変状を見つけようとするで見落としが増える

-  “見ない（正常）”判定した結果，見ない（正常）に分類されなかった箇所（予測スコア 0.85以下）
-  “見る（変状）”を判定した結果，見る（変状）に分類された箇所（予測スコア 0.4以上）

18

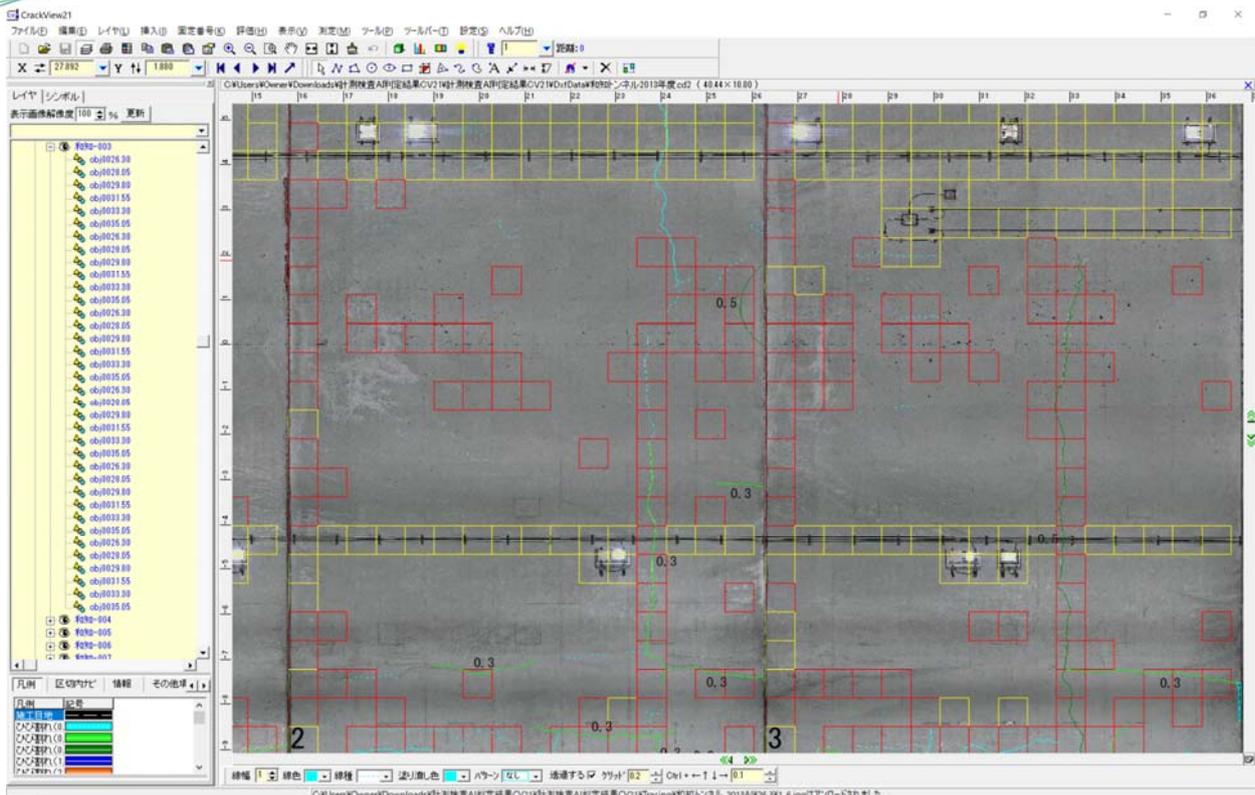
7.5 評価結果 初期教師データによる

付帯設備のみの判定(Resnet-18)

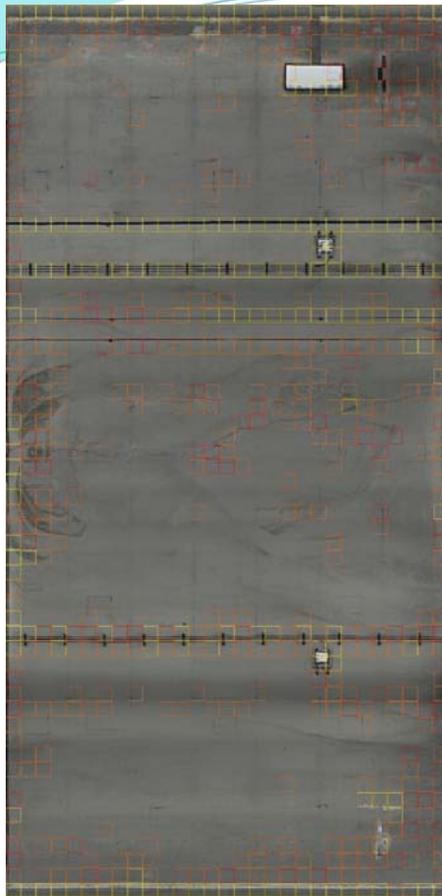


付帯設備として判定された箇所（予測スコア 0.99以上）

7.5 評価結果 修正教師データによる判定結果

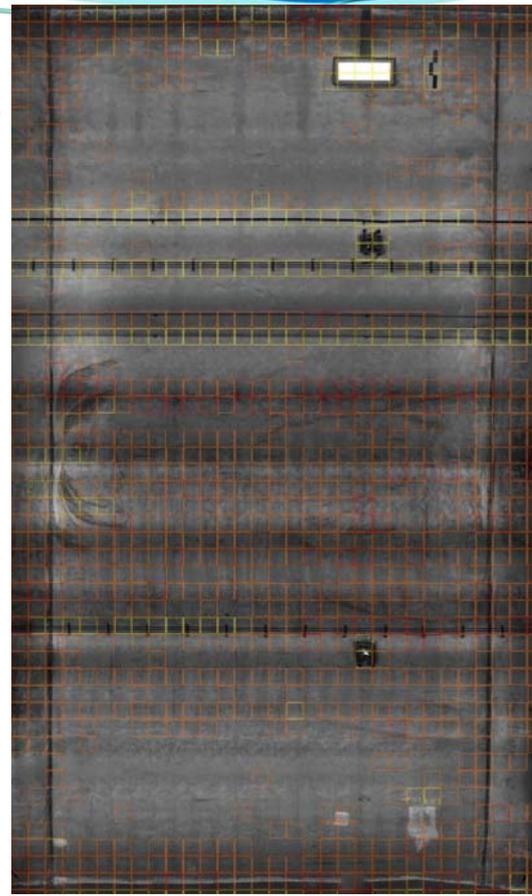


7.5.2 計測機器の違いによる判定結果の違い

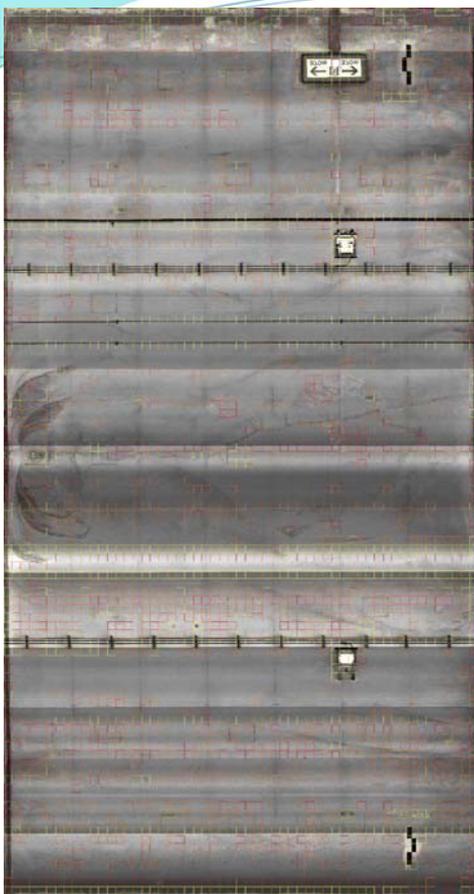


可視光画像
エリアタイプ
(教師データと同じ機器)

近赤外線画像 →

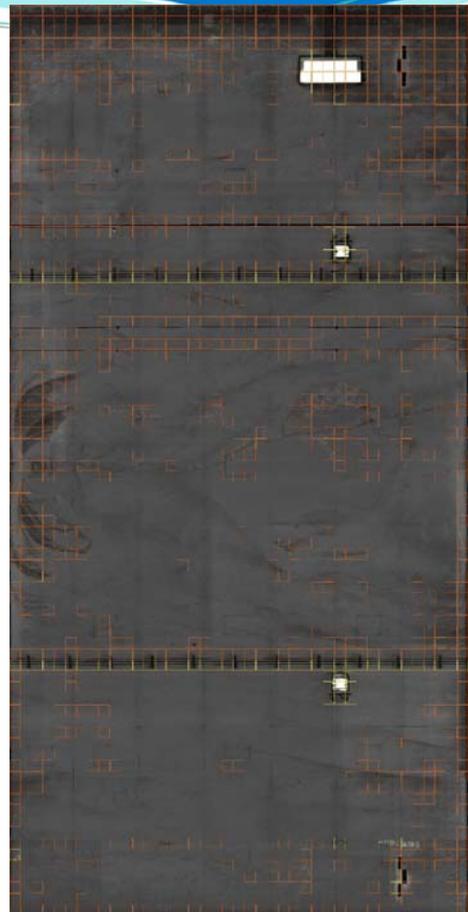


7.5.2 計測機器の違いによる判定結果の違い



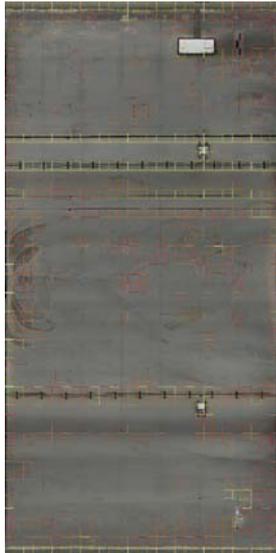
可視光画像
ラインカメラタイプ

可視光画像
エリアタイプ
(高解像度) →

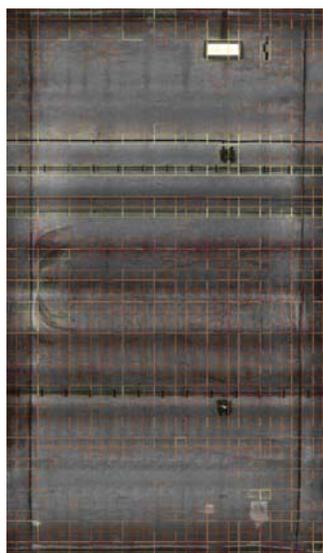


7.6 今後の運用方法

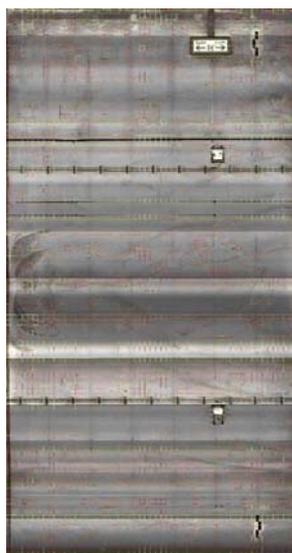
7.6.1 異なる計測機器での教師データの共有の可能性



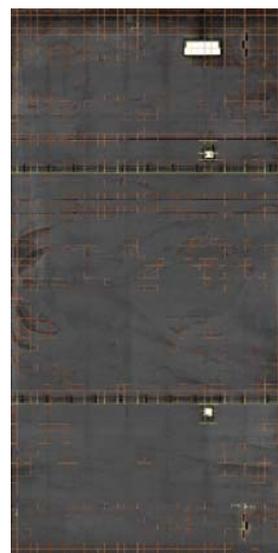
可視光画像
教師データ同等



近赤外線画像
教師データ画像よりも高解像度



ラインカメラ画像(可視光)
教師データ画像よりも高解像度



可視光画像
教師データ画像よりも高解像度

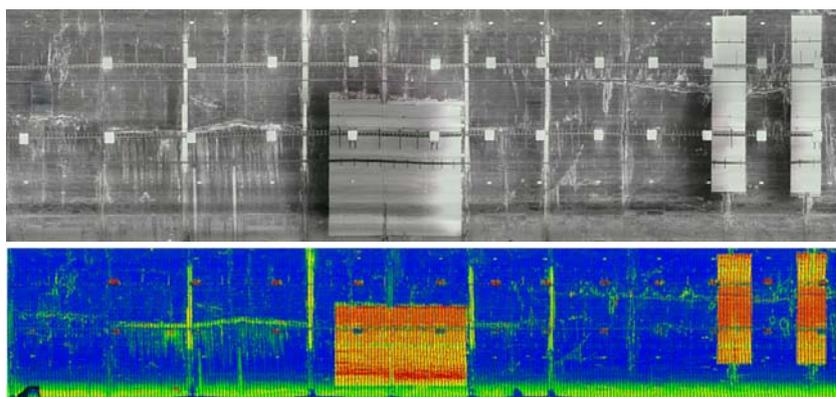
ラインカメラの接続部など輝度変化の大きい場所を誤判定する傾向
(画像のつなぎ目の誤検出が顕著、画像接合前にAI判定することで回避可能)
可視画像の判定結果はおおむね同様の結果
近赤外画像では天井部すべてが変状と判定された。側面部は類似した傾向

新規教師データ作成の労力を減らすためには、
AI調整済み機材と新規機材で同一箇所を計測し、データ共有するデータ連携体制が必要。

23

7.6.2 他センサへの画像AI開発技術の応用可能性について

- ◇画像向けAI開発技術を利用した点群向けAIの開発
- ◇教師データ分類結果の再利用



反射強度画像を作成すると、可視画像のような画像が生成可能。
距離データによる画像化など、可視画像とは異なる特徴を持つ画像生成が可能

画像AI開発のノウハウを有効利用。
同一箇所の3次元点群を抽出し、奥行画像、反射強度画像などから
教師データを作成することができる。
(画像と点群の位置合わせ技術が重要)

レーザ点群への応用 AI作成における位置合わせの重要性

24

レーザ点群を用いたAIの検討へ向けて

照明, ケーブル, ケーブルラック

遊離石灰, 補修を伴うひび割れ

漏水 遊離石灰

目地補修跡

水平目地位置

レーンマーク 縁石変状

路面隆起 陥没

変色 (うきの可能性)

レーザ点群の色付き表示

レーザによる目地位置 (三角・台形目地の場合)

レーザ点群の色付き表示 (反射輝度) を活用し、変状位置、規模などの検出精度を向上させる。

25

レーザ計測点群へのAI適用の検討

従来→教師データ作成が課題

180m 190m 200m 210m 220m 230m 240m

レーザ反射強度画像からだけでも変状の個所が抽出可能。変状箇所の明確な三次元位置を特定可能

遊離石灰や漏水箇所はトンネル壁面と反射強度が異なる

トンネル附属物の自動抽出例

点群の形状処理による附属物の認識

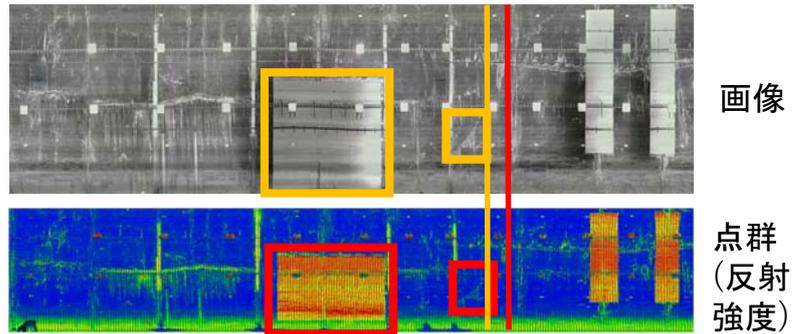
26

AI活用に向けた画像・レーザ点群・レーダを統合への課題とその解決法

一部の機種では、レーザ点群とカメラ画像の同期が取れていないこともある
→ 点群と画像で異なる位置が同一位置として紐づけられてしまう



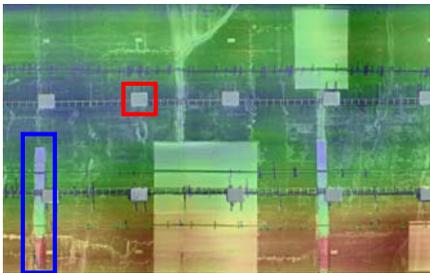
レーザ点群と画像の精密な位置合わせが必要
(過去の計測データとの位置比較においても重要な要素)



トンネル展開図



画像と点群双方から抽出可能な特徴的構造物を定義し、レーザ点群から抽出



展開画像と点群の位置合わせ重畳表示
(照明位置で位置合わせした場合)

AI開発における異機材間の協調のためには、位置情報やデータ取得時の情報などを適切に残すことが重要
→ どのようなデータベースが適切か検討する必要がある