

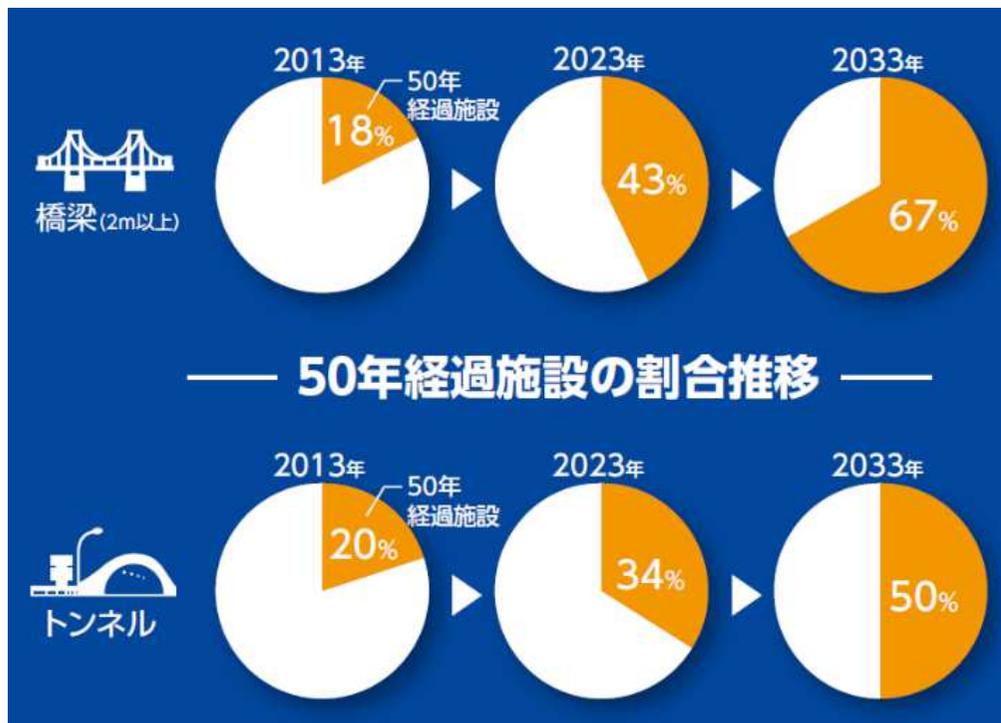
トンネル全断面点検・診断システム iTOREL(アイトーレル)

「建てる」を超え、未来を生み出す。

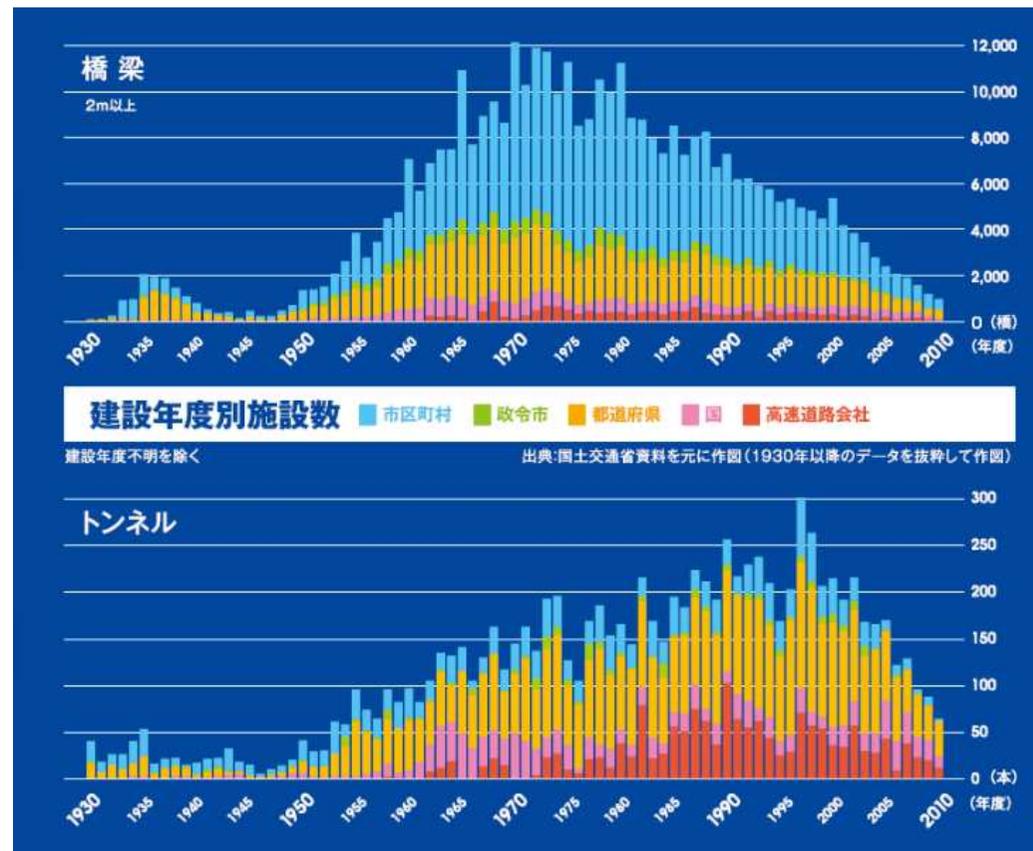


東急建設

インフラの高齢化・老朽化や熟練技術者の減少が進み、予防保全による事故の防止とライフサイクルコストの最小化するための新技術を活用したインフラマネジメントシステムの確立が必要



出展：SIPインフラ維持管理・更新・マネジメント技術パンフレット



- 2033年には、道路橋の67%、道路トンネルの50%が建設から50年以上経過する
- 道路橋、道路トンネルの多くは市区町村や都道府県が管理している

市町村を取り巻く現状と課題

市町村における技術者数の不足

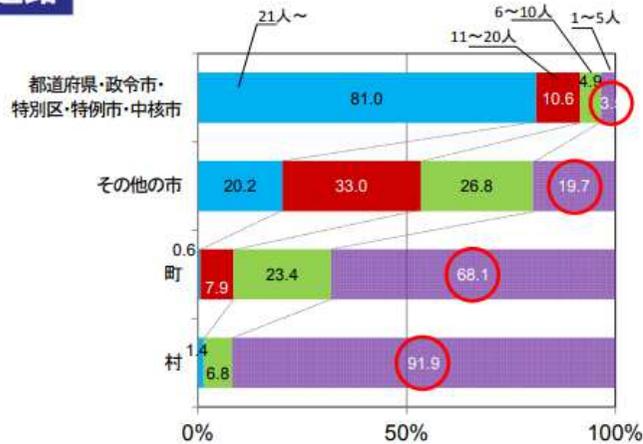
○維持管理・更新業務を担当する職員数が5人以下である市町村が多く、その傾向は人口規模が小さくなるほど顕著である。

社会資本整備審議会・交通政策審議会
「今後の社会資本の維持管理・更新のあり方について 答申」
(平成25年12月)参考資料より作成

<維持管理・更新業務を担当する職員数>

※同一の職員が複数分野の業務を担当している場合には、重複して計上。

道路

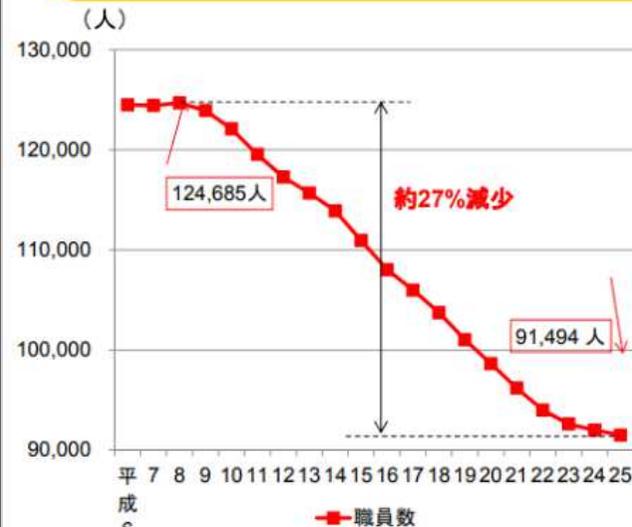


出展:国土交通省資料
<https://www.mlit.go.jp/common/001080915.pdf>

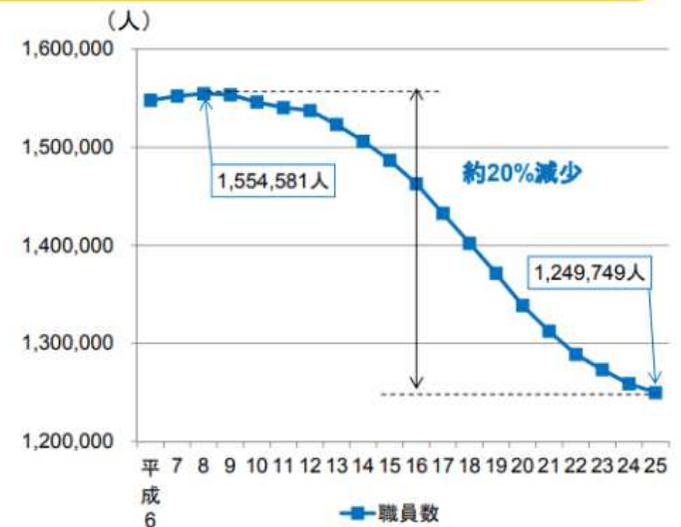
1. 市町村を取り巻く現状と課題

市町村における土木部門の職員数の推移

○市町村における土木部門の職員数は平成8年度の124,685人をピークに17年連続で減少しており、平成25年度は91,494人である。(平成8年度比約27%減)
○市町村全体の職員数は、平成8年度から平成25年度の間で約20%減少していることから、市町村における土木部門の職員数のピーク時からの減少割合は、全体の職員数のピーク時からの減少割合よりも大きい。



市町村における土木部門の職員数の推移



市町村全体における職員数の推移

発表内容

1. iTOREL(アイトーレル)の概要

2. 要素技術

- ① フレキシブルガイドフレーム
- ② 走行式防護フレーム
- ③ ひび割れ検出ユニット
- ④ 打音検査ユニット

3. トンネルへの適用事例

1. iTOREL(アイトーレル)の概要

システムの特徴

- ・交通規制による影響を低減し、1日1本のトンネルを点検
- ・トンネル覆工のひび割れ、うきの自動検出と内業支援

1. フレキシブルガイドフレーム



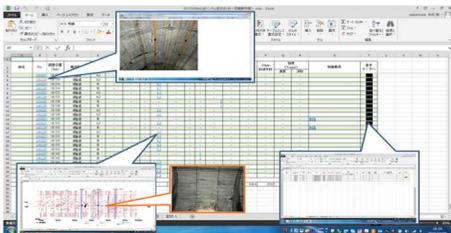
トンネル形状や坑内設備に合わせて自由にフレームを變形

2. 走行式防護フレーム

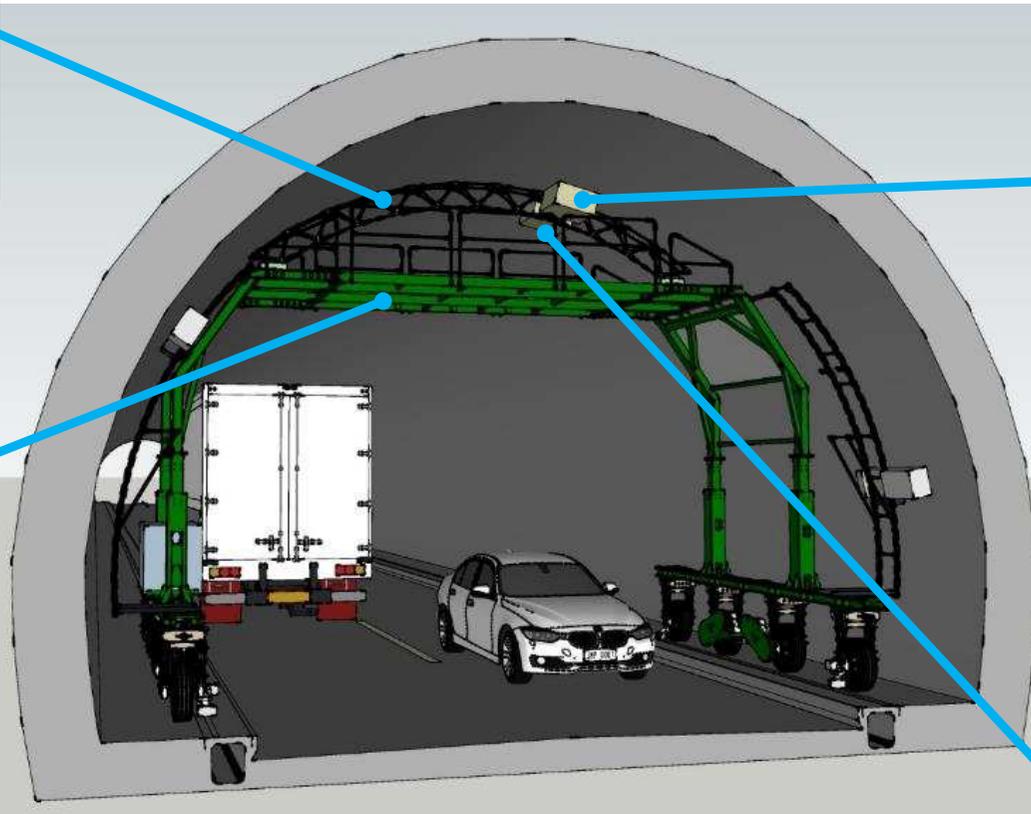


坑内を走行するフレームで点検時のコンクリート片落下から第三者を防護

5. エキスパートシステム



点検結果を基にLCCの目標に沿った最適な補修方法を提示



3. ひび割れ検出ユニット



画像と凹凸を同時に計測し、ひび割れやエフロを高精度に検出

4. 打音検査ユニット



コンクリートを自動で叩き、自動判定したうき位置を記録

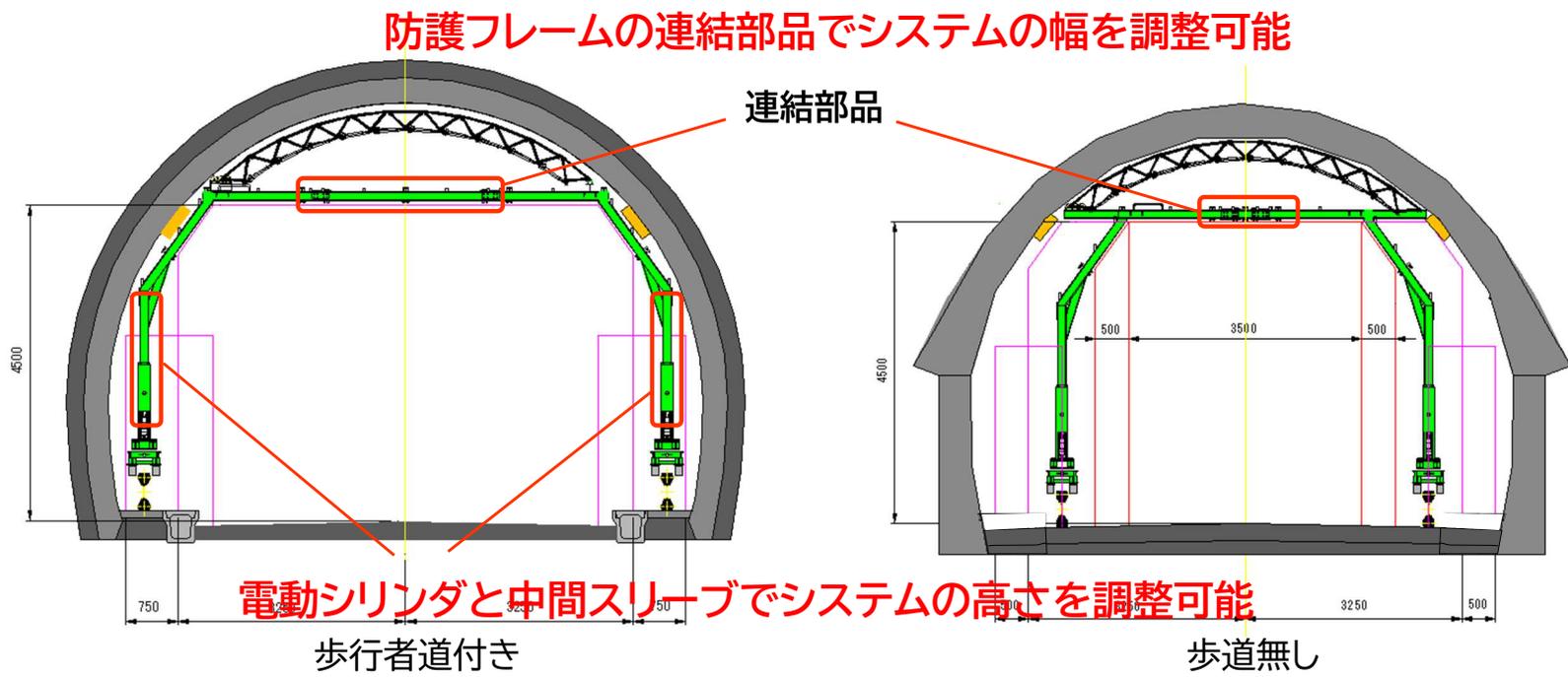
主な適用対象

都道府県・市区町村が管理する一般道トンネル

1. iTOREL(アイトーレル)の概要

トンネル全断面点検・診断システムの主な仕様

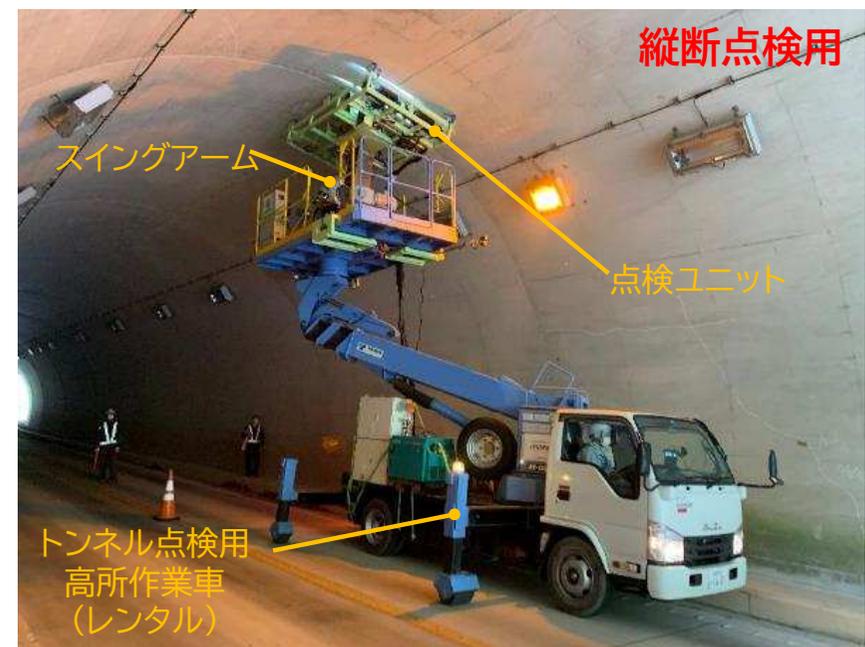
全長	5.0 m	運搬および最小曲率半径50mを考慮
全幅	6.3~9.5 m	道路区分3・4種に適応可能
総重量	4.0 t	群集荷重 500kg/m ² 以内、発電機含む
走行速度	1~10m/min	可変速、最大登坂勾配10%
検査項目	ひび割れ、うき	エフロレッセンス、はく離、ブロック化の自動検出も開発中
点検速度	最大130m ² /h	全周点検モードで1時間あたり約16m点検可能



1. iTOREL(アイトーレル)の概要

高所作業車タイプの主な仕様

ベースマシン	タダノ AT-120SRM	他の高所作業車向けにもカスタマイズ可能
計測幅	1測線あたり800mm	画像撮影幅は1200mm(ラップ部含む)
検査項目	ひび割れ、うき	エフロレッセンス、はく離、ブロック化の自動検出も開発中
点検速度	最大 1150m ² /h	打音検査間隔 200mm
走行速度	1.0~1.4km/h	車両走行速度1.4km/hで1分あたり約24m
点検範囲	地上高 約13m 作業半径 約4m	アウトリガ最大張出時



2. 要素技術

①フレキシブルガイドフレーム

8

技術概要	トンネル形状や設備に合わせ 変形 し、点検時の 反力 を得るフレーム
フレームサイズ	L:524mm、H:253mm、W:256 (1フレームあたり)
質量	204.7kg(キャリアレール含む, 11フレーム分)
変形角度	21.1 ~ -25.3°
耐荷重	最大100kg (点検システム+移動機構 = 49Kg)
レーザースキャンによる前方障害物検知とフレーム変形	



2. 要素技術

②走行式防護フレーム

技術概要	点検時における一般交通の 安全確保 と、 作業足場兼用フレーム構造
本体寸法	長さ:5.00m、幅: 6.36m ~ 9.56m、高さ:5.75m(0.3m伸縮可能)
本体質量	走行ユニット: 2,110kg + 防護フレーム:1,170kg
走行ユニット	走行速度:1~10m/min、最大勾配:10%
最小旋回半径	R=50m(信地旋回可能)
トンネル形状に合わせた高さ調整機構、幅拡張構造	
操作システム(磁気ガイド)によるトンネル線形自動追従走行も可能	



分割②:防護フレーム

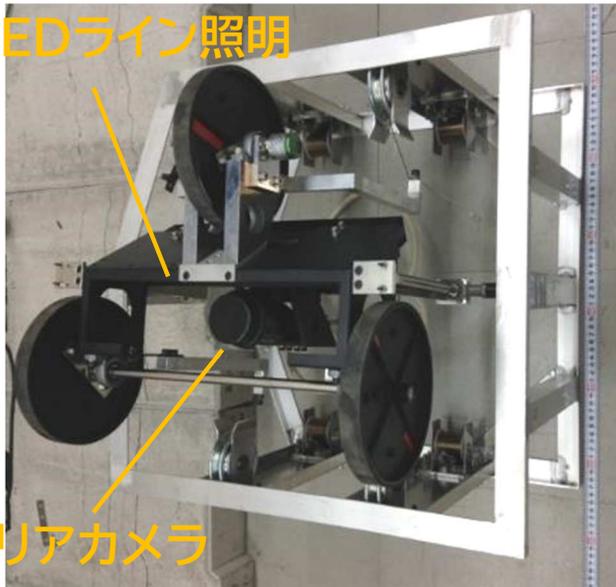
分割①:走行ユニット

点検システム坑内存置による一般車両通過



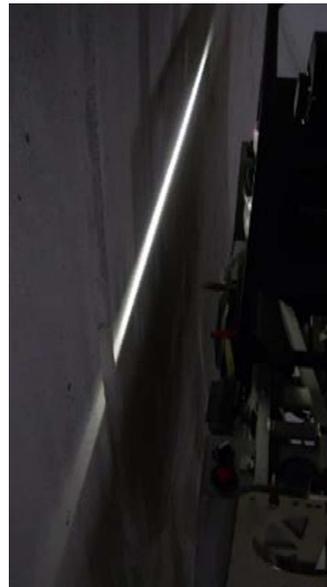
技術概要	応急対策を現場で判断するため、ひび割れを オンサイトで検出
検出精度	0.3mm以上のひび割れ検出率 100%(本数ベース) 0.3mm以上のひび割れ検出率 80%(長さベース)
点検速度	撮影速度 最大 540m ² /h、ひび割れ自動検出速度 237m ² /h (連続撮影モード 最大726m ² /h)
自動検出可能幅	最小 0.3mm (幅0.2mmまで目視確認可能)
質量	15kg(フレーム含む)
光切断法により1台のカメラから可視画像と距離画像が取得可能	
距離画像とカラー画像の結果を合わせて、 ひび割れと汚れを自動識別	

LEDライン照明

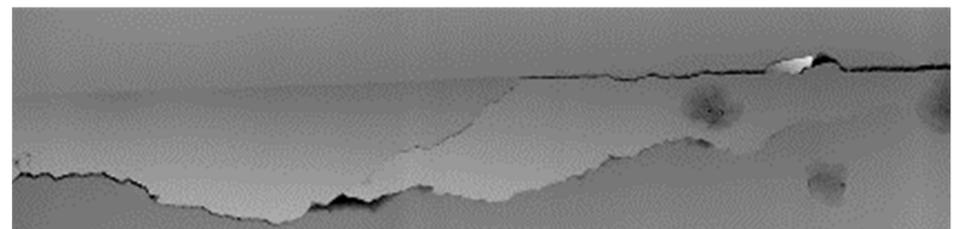


エリアカメラ

ひび割れ検出ユニット



可視画像

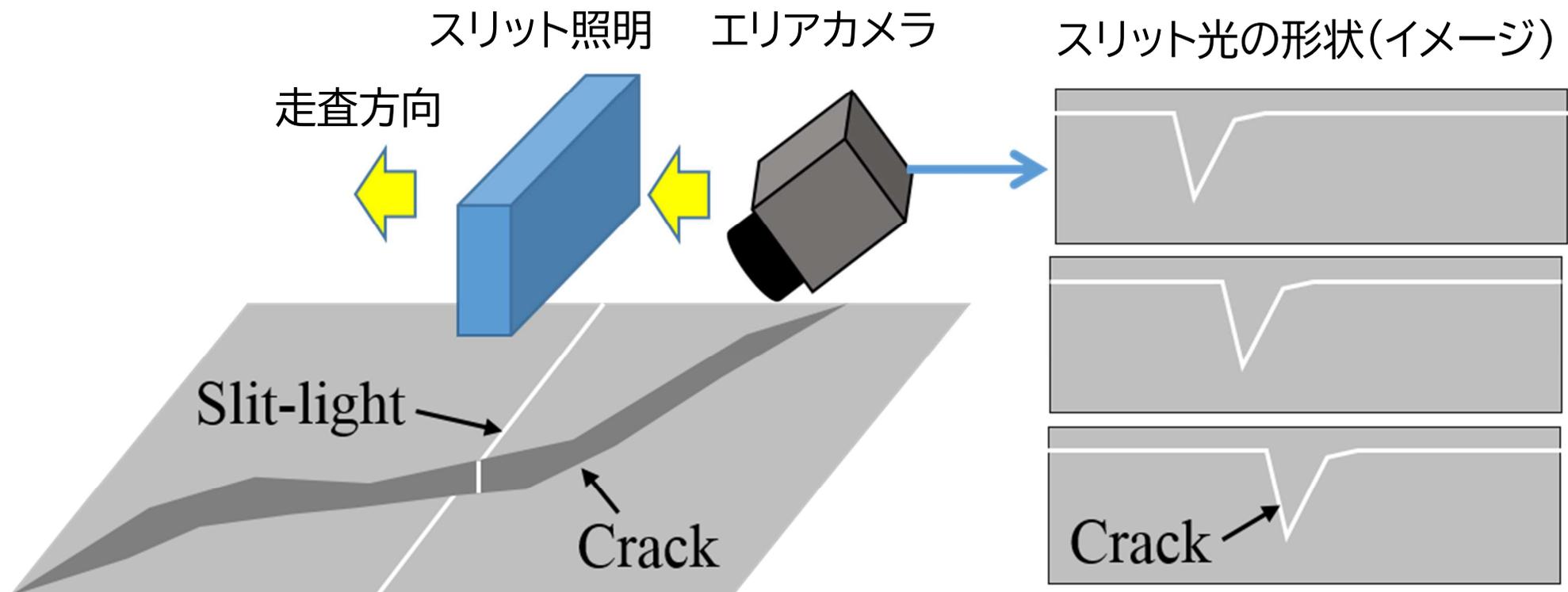


距離画像

ひび割れの3次元形状に着目し、光切断法を応用

- 白色スリット光とカメラを、ひび割れに対してスキャナーのように動かす
→ひび割れの写真と距離画像を、厳密に位置合わせされた状態で取得できる
- mmオーダーの分解能と、kmオーダーの撮影範囲を両立できる

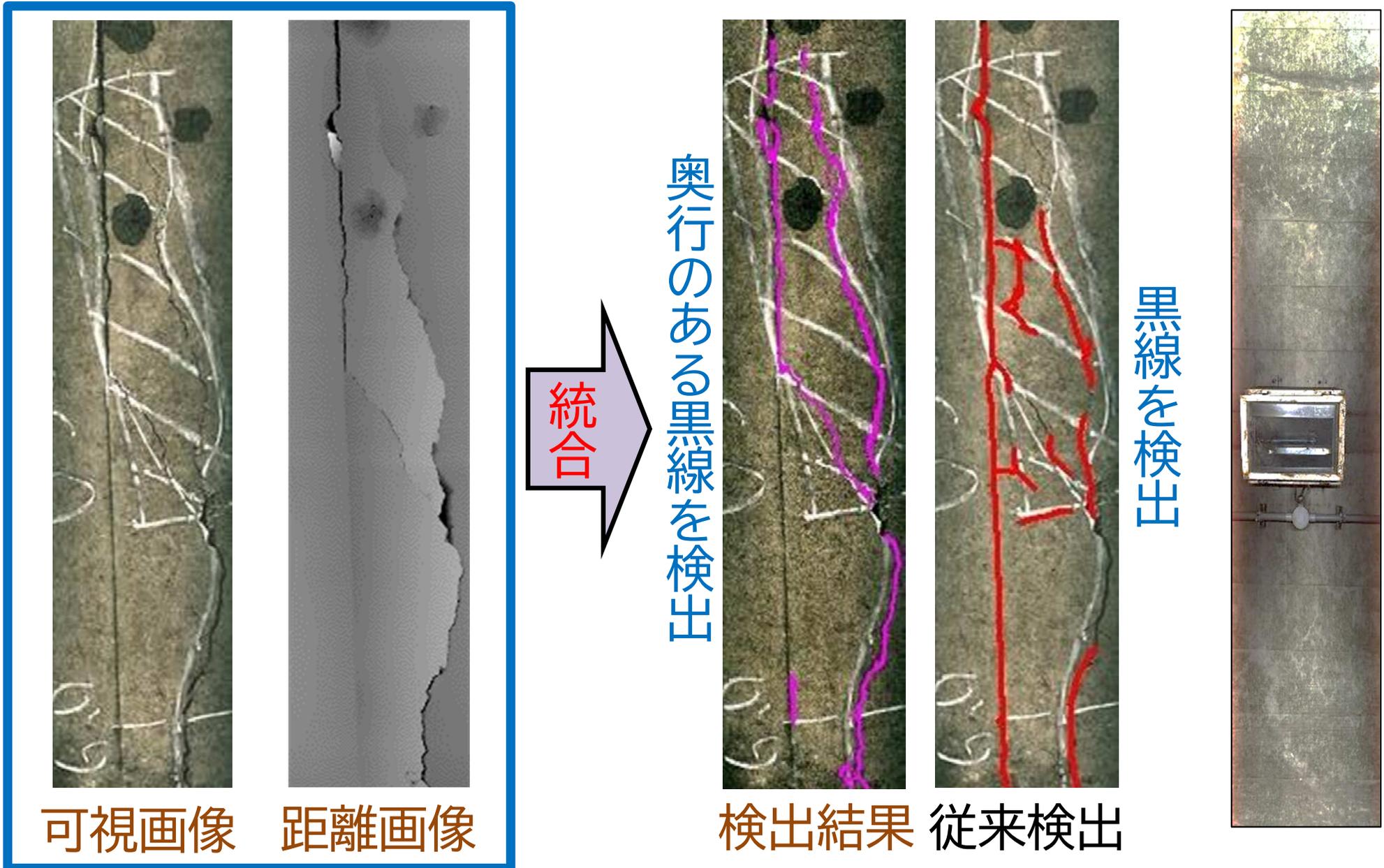
光切断法の原理



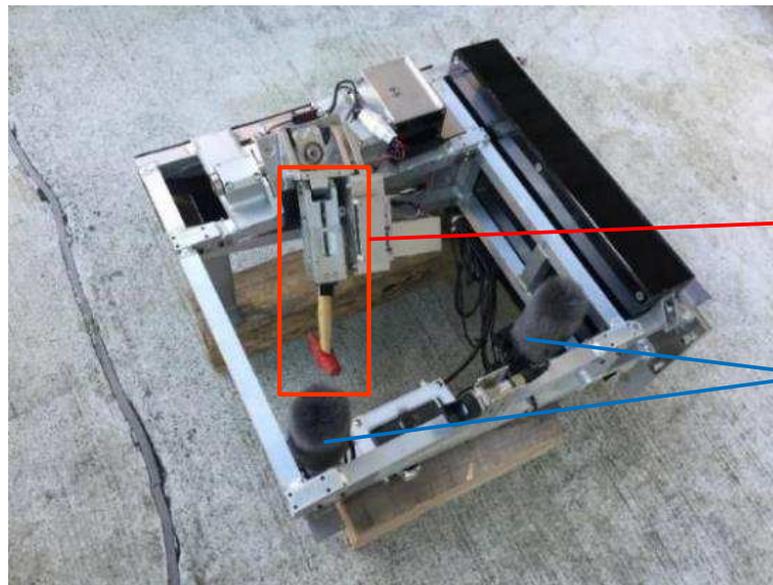
覆工コンクリートの画像撮影



ひび割れ自動検出の原理



技術概要	点検員の動作を模倣し、定量的な判定基準で効率的に点検を実施
点検速度	最大 0.3 sec/point(打撃間隔200mmで220m ² /h) (ダブルハンマユニット使用時 打撃間隔200mmで576m ² /h)
点検ピッチ	標準 200mmピッチ(ピッチ変更可能)
検出精度	人と同等程度にうきを検出 100mm×100mm、深さ50mmまで検出可能
質量	14.5kg(フレーム含む)
機械学習により <u>浮きを自動判定</u> (教師データが無い場合はクラスタリング使用)	
打撃位置と判定結果を記録し、浮き位置のマッピングを作成	



打音検査ユニット



マイク

点検ハンマ
(1/4ポンド)

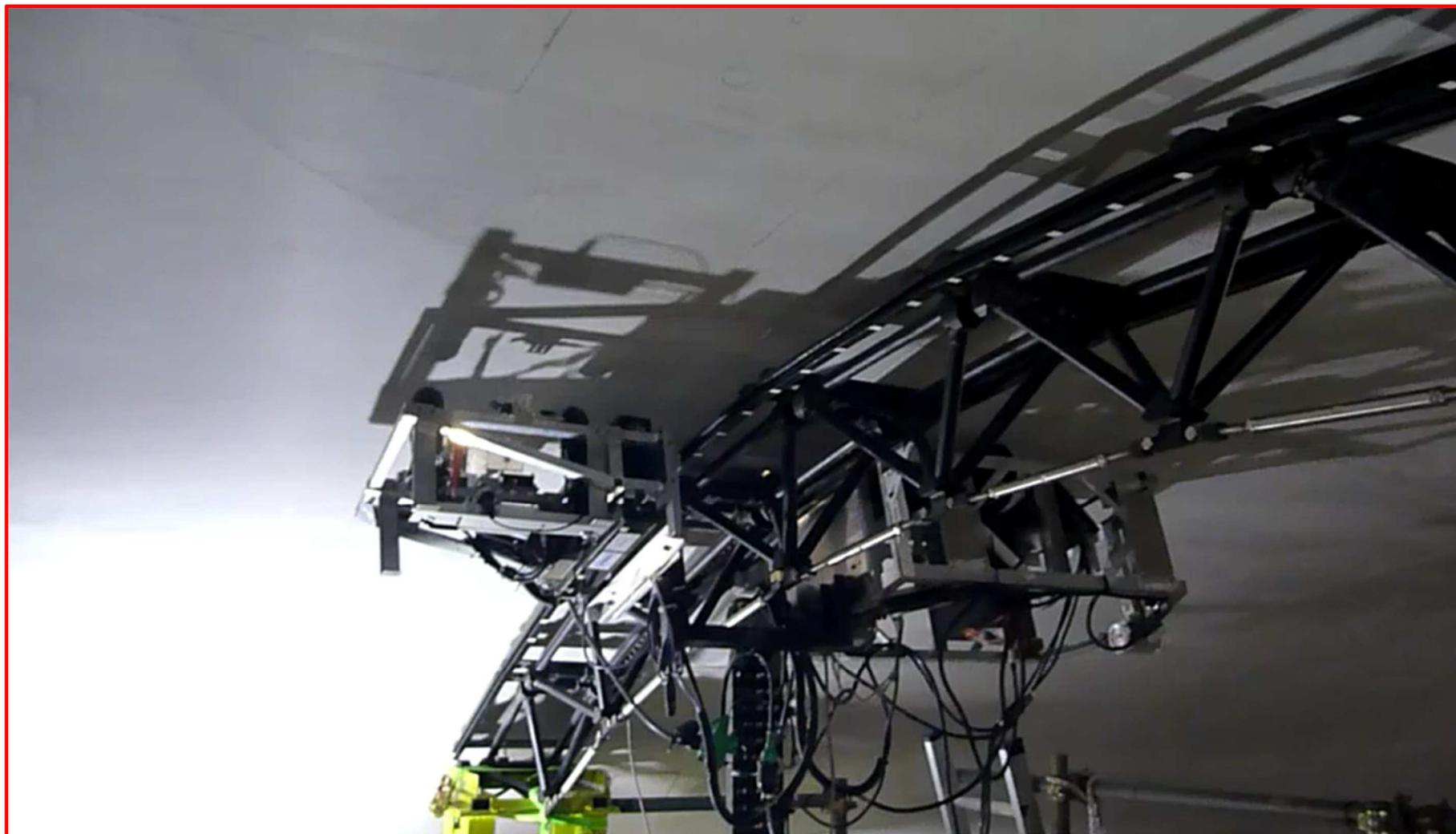
打撃装置

揺動機構

劣駆動関節

トンネル全体を一定のエネルギーで打撃可能

打音検査ユニット



打撃機構:東急建設 + 機械学習判定:東京大学 = 打音検査ユニット

模擬供試体検出精度実験

- 点検員同等の検出性能であることを確認

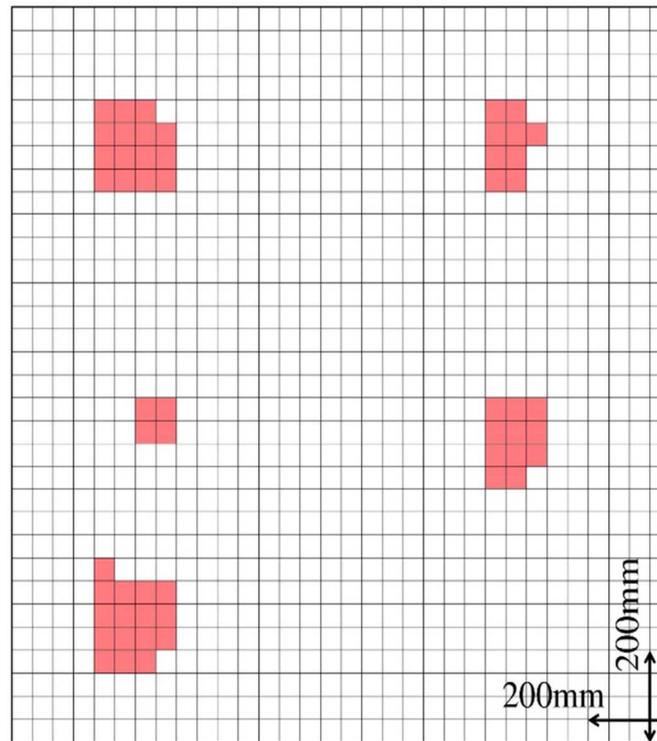


点検員

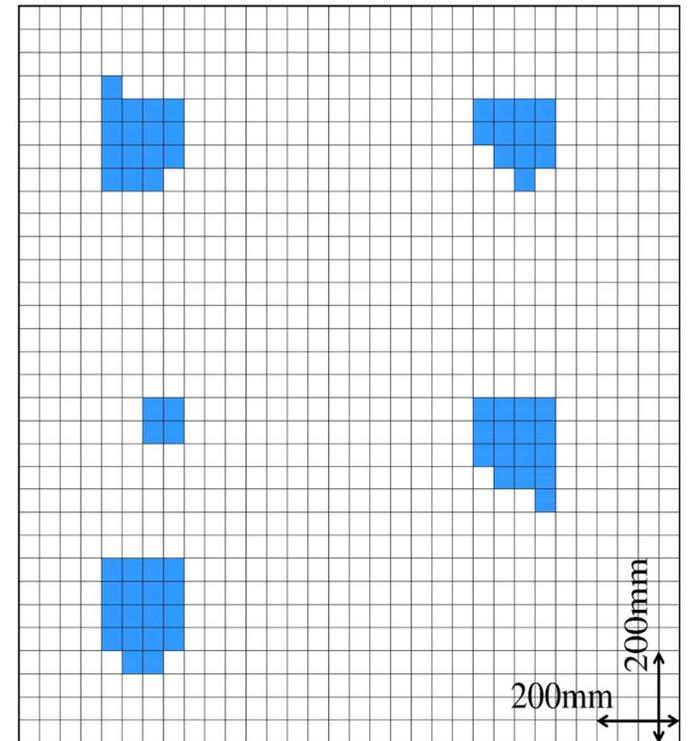


打音検査ユニット

点検員による結果



自動判定結果



※点検ピッチ
50mm

3. トンネルへの適用事例

道路トンネル(千葉県)

一般交通環境下で全断面システムを実証



管理者:自治体、トンネル延長:130m、幅員:5.5m
一般車両を通行させながら点検作業を実施(交通量 約60台/12h)
定期点検実施に合わせ点検システムによる実証試験を実施

3. トンネルへの適用事例

道路トンネル(千葉県)

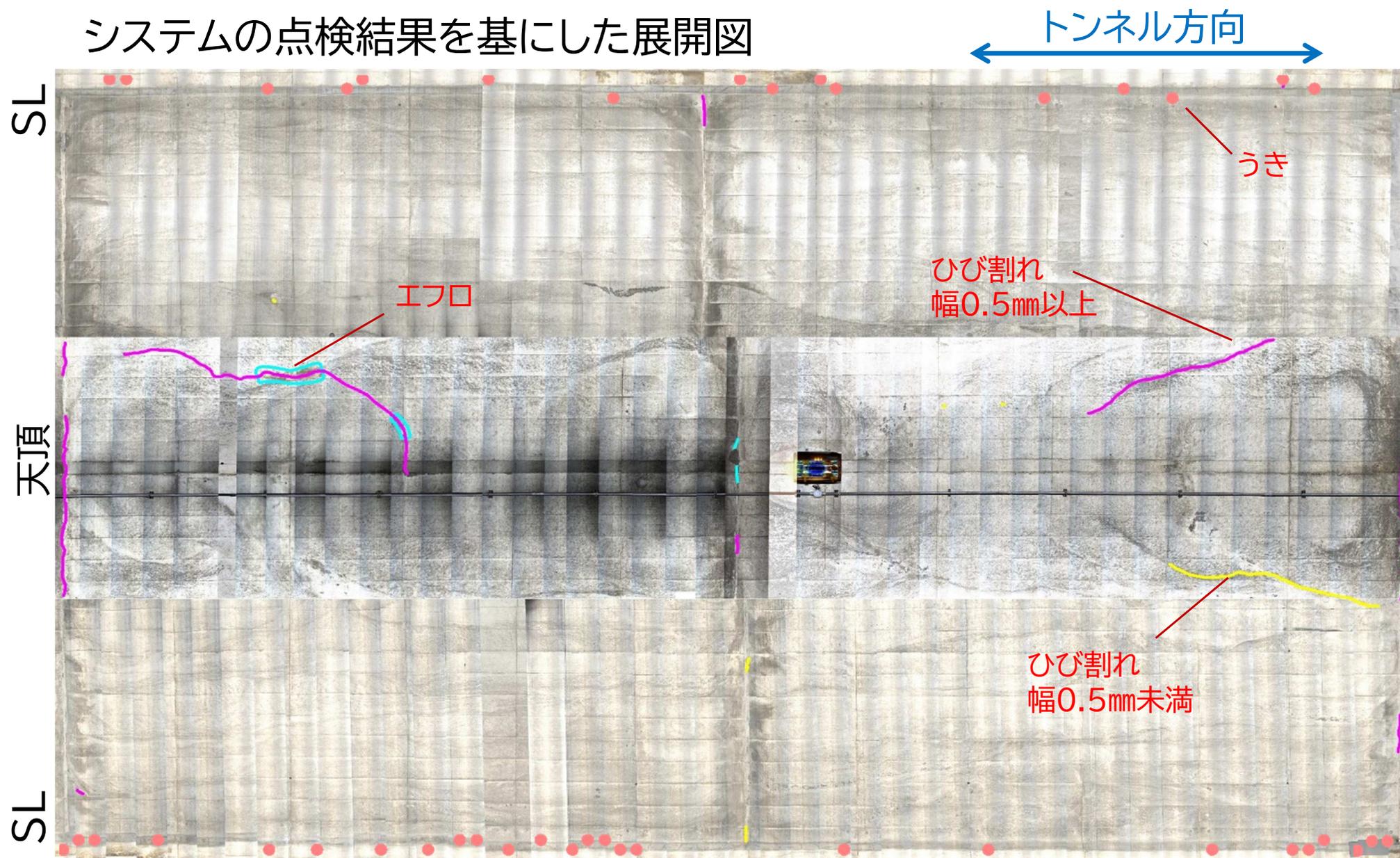
一般交通環境下で全断面システムを実証



3. トンネルへの適用事例

道路トンネル(千葉県)

システムの点検結果を基にした展開図



3. トンネルへの適用事例

ガントリーフレーム型



- ▶ 点検時に車への交通規制が不要
- ▶ 技術者の熟練度によらない定量的な点検ができる
- ▶ 点検調書の作成が従来よりも早くできる
- ▶ 画像データや打音データが記録されるため、現場以外でもトンネルの状態を確認できる

高所作業車型

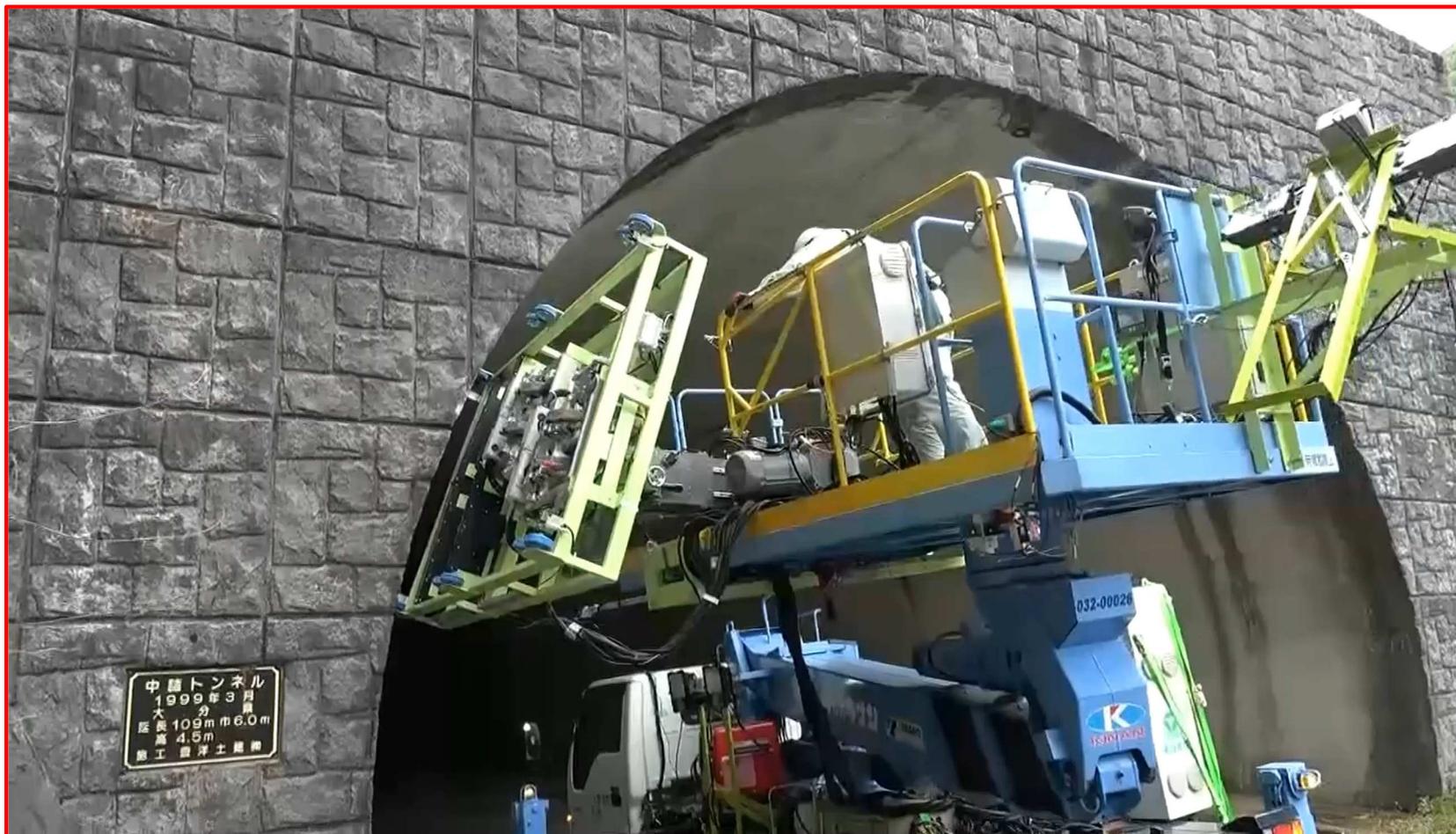


- ▶ 点検スピードが人の約2倍
(変状が多いほど効果大きい)
- ▶ 従来点検よりも少ない人数で点検が可能
- ▶ 点検費用が削減可能
- ▶ 画像データや打音データが記録され、点検調書の作成が従来よりも早くできる

3. トンネルへの適用事例

道路トンネル(大分県)

一般交通環境下で高所作業車タイプの点検システムを実証

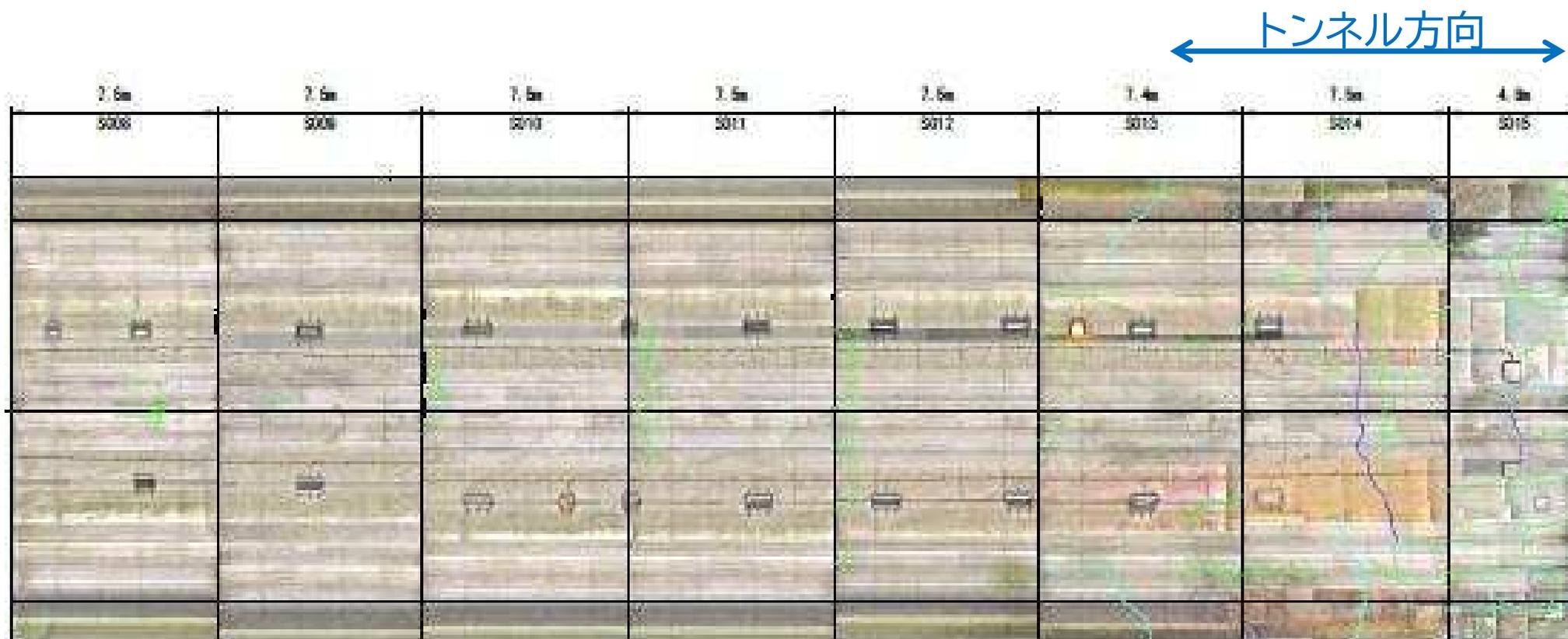


管理者:自治体、トンネル延長:109m、幅員:9.2m
片側交互規制で点検作業を実施

3. トンネルへの適用事例

道路トンネル(大分県)

一般交通環境下で高所作業車タイプの点検システムを実証
高所作業車システムの点検結果を基にした展開図



国道127号 道路トンネル(千葉県)

片側交互通行で高所作業車タイプの点検システムを実証



2021年10月 点検作業4割削減、帳票作成などの内業時間2割削減

【標準化推進技術】

従来技術に比べて活用の効果は優れている。

幅広い特有性を有しており、将来性がある。

3. トンネルへの適用事例

これまでの現場導入実績

- ・ガントリーフレーム型: 3件
- ・高所作業車型: 6件

※今年度、3件の現場導入を予定

大分県

道路トンネル 596本(全国1位)

※道路統計年報2020



県道646号 中詰トンネル

大分県と千葉県の二県を本拠地とする点検コンサルタント会社中心に点検システムのレンタルや販売、技術指導を開始



千葉県

道路トンネル 465本(全国3位)

※道路統計年報
2020



国道127号 勝岩トンネル



関東地方整備局
現場ニーズと技術シーズのマッチングにおいて
「標準化推進技術」に認定

3. トンネル適用からの展開事例

竣工前検査点検(覆工初期データ記録)



建築物点検
(自動判定機能のみ使用)



橋梁コンクリート床版打音点検
(打音検査ユニットのみ使用)