

# トンネル壁面の画像を用いた検査支援システム

構造物技術研究部 トンネル研究室

研究室長 野城 一栄

# 目次

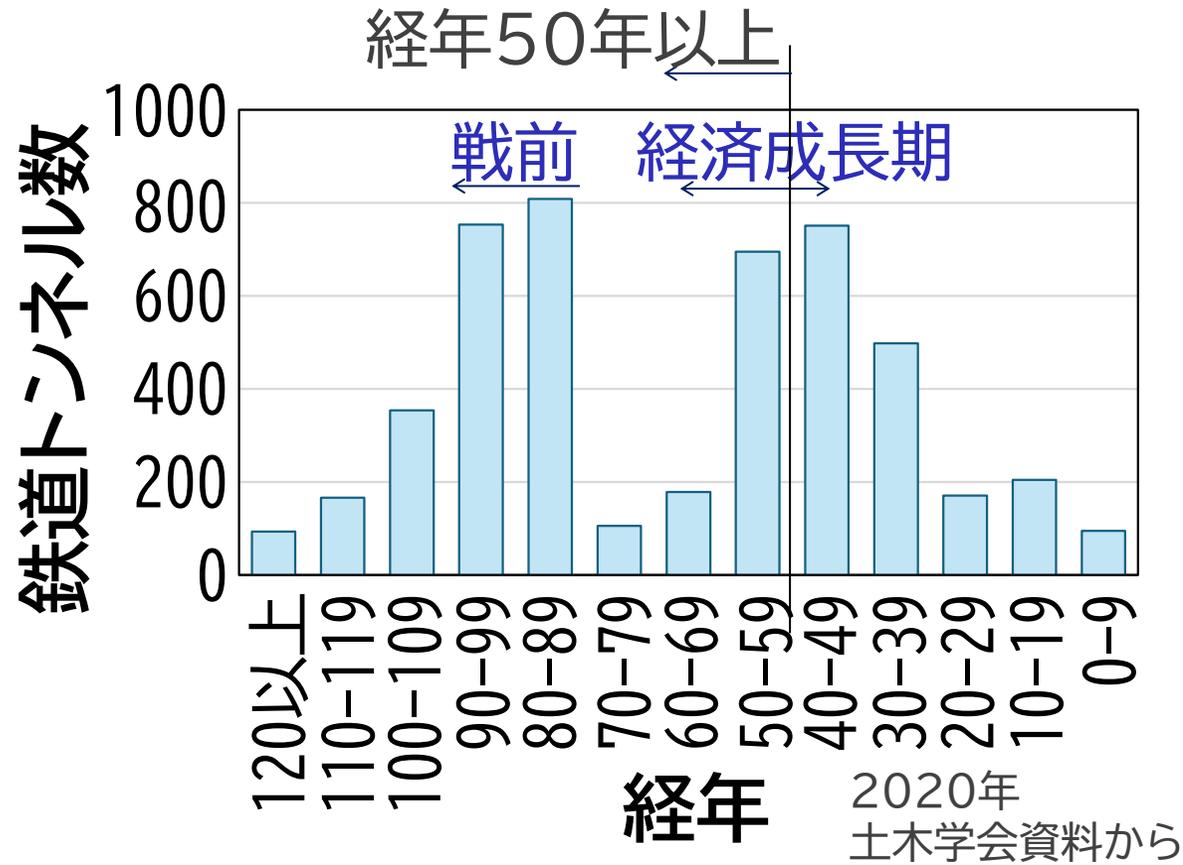
1. 開発の背景と目的
2. 健全度自動判定システム
3. 要注意箇所投影システム
4. まとめと成果の活用
5. 今後の展開

本研究は国土交通省交通運輸技術開発推進制度(JPJ002223)により実施しました。

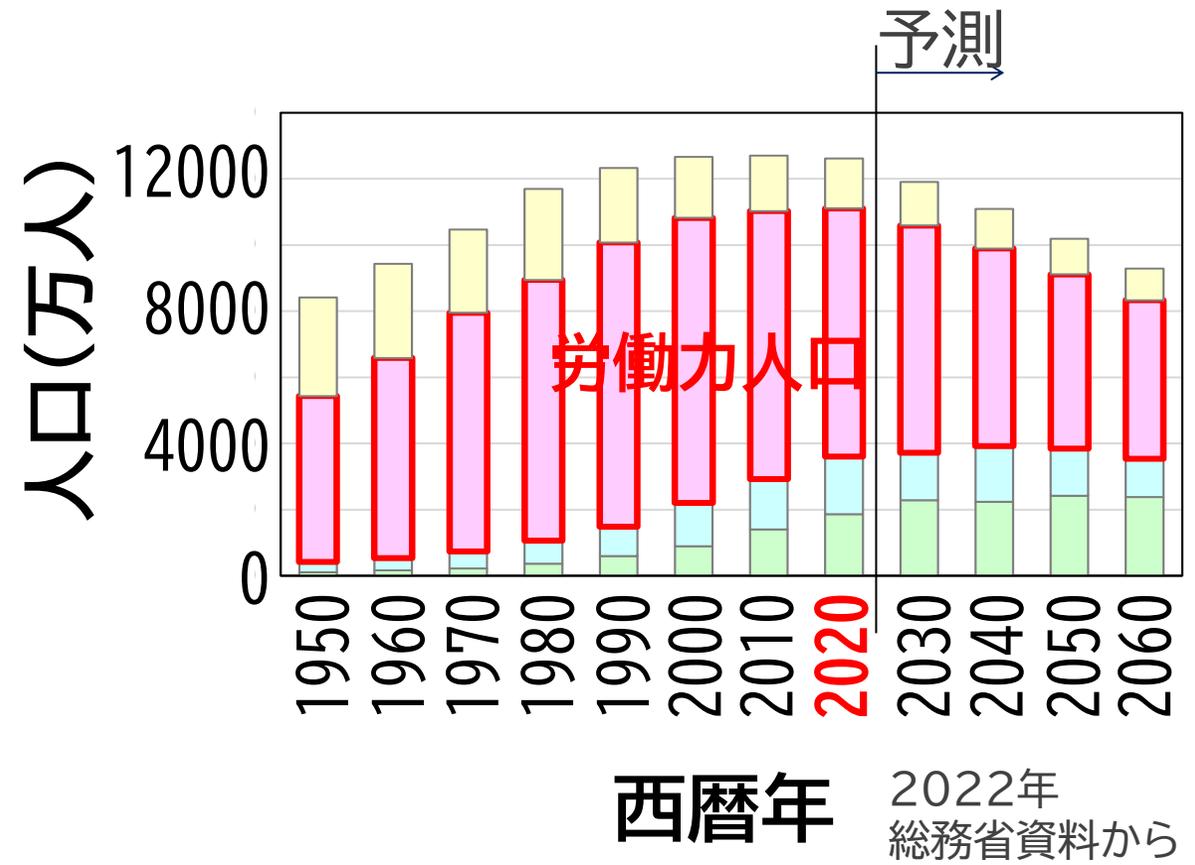
# 1. 開発の背景と目的

## 開発の背景

- 経年50年以上のものが半数以上



- 労働力人口が急激に減少  
→ トンネル検査を担う検査員も減少



➔ デジタル技術を用いたトンネル検査技術の開発が必要



# 1. 開発の背景と目的

**開発の目的** ➤ 鉄道トンネルの全般検査は, 人工に頼る部分が多い

## ①事務所での検査

(画像撮影)

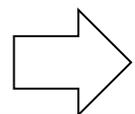
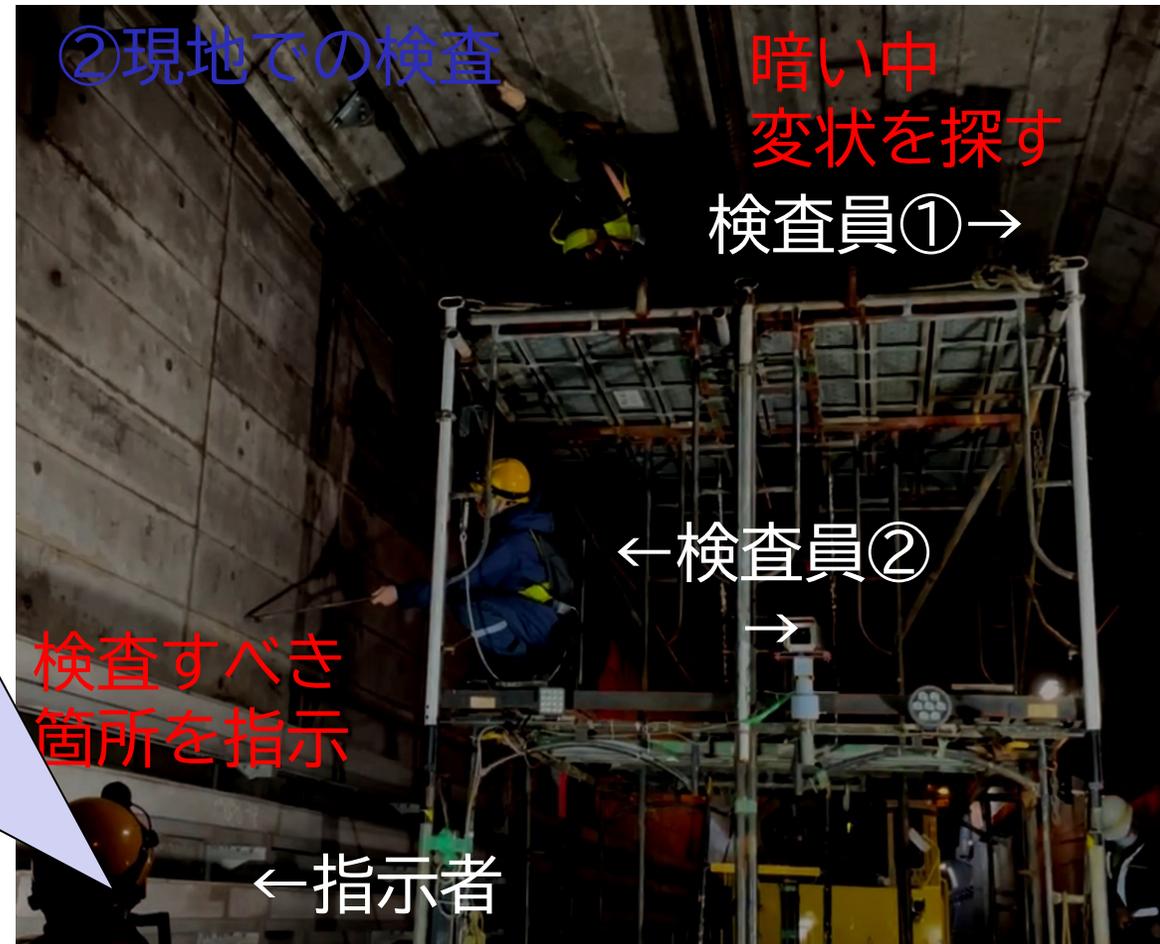
隧道検査用紙		検査日	2014年10月2日	天候	晴れ	検査者	那須	7名					
路線	西神線	起点駅	妙法寺	終点駅	板宿	構造物名	第2横尾ずい道 - 第2横尾ずい道西行-52	ID番号	1020400103143	検査			
地点キロ程	3K060	中心キロ程	3K070	終点キロ程	3K080	線別	西行	位置		構造形式	馬てい型アーチ	検査員	B



No	キロ程	区分	部位		変状種別				打音検査	健全度	措置	写真 (日時)	メモ
			天井・側壁	方向	現象	程度	分布	規模					
1	1K000	一般部	アーチ(クラウン以外)	天井	ひびわれ	横断方向	単発	幅 1cm未満			C		

人が**変状**を探し  
**検査すべき箇所**の目星を付ける

## ②現地での検査



時間・人工を要

⇒改善するための2つの技術を開発

# 1. 開発の背景と目的

## 開発した技術の概要

### 健全度自動判定システム …机上

変状抽出・クラス分け技術(AI)の開発

壁面画像から

- 変状の抽出と健全度判定

- 要注意箇所の抽出

を行うプログラムを作成



タブレットPC



変状

壁面画像

要注意箇所

### 要注意箇所投影システム …現地

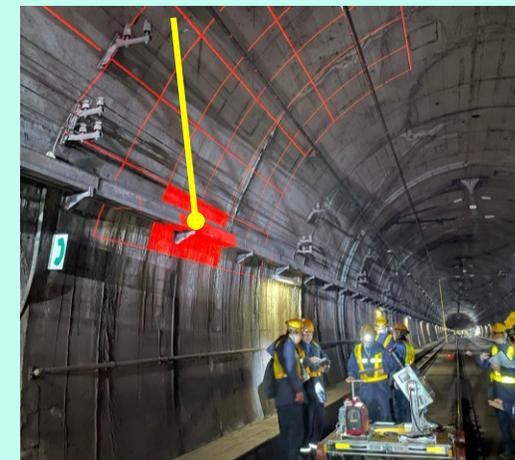
要注意箇所を覆工に投影する装置を開発

プロジェクタ



覆工投影装置

要注意箇所  
(1m×1mメッシュ)



投影状況

## 2. 健全度自動判定システム

### 画像から変状を抽出するAIの構築

- ・**変状**: 代表的な変状(下記①～⑥) 日本全国の変状画像を使用. DL学習
- ・**アノテーション**: トンネルの専門家が実施
- ・**学習**: 実績の多いアルゴリズムである YOLOにて実施

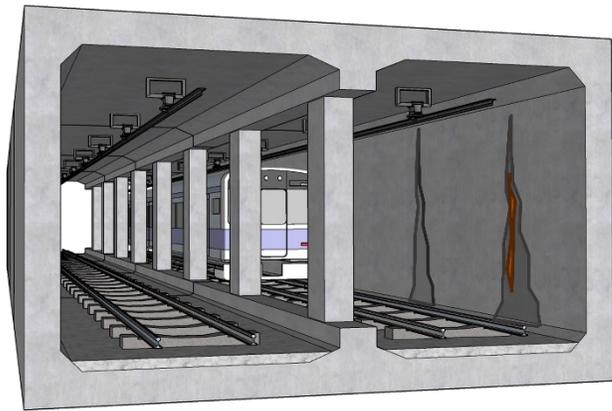


写真: 矩形トンネルの例  
※枚数は拡張後  
⇒選定して使用

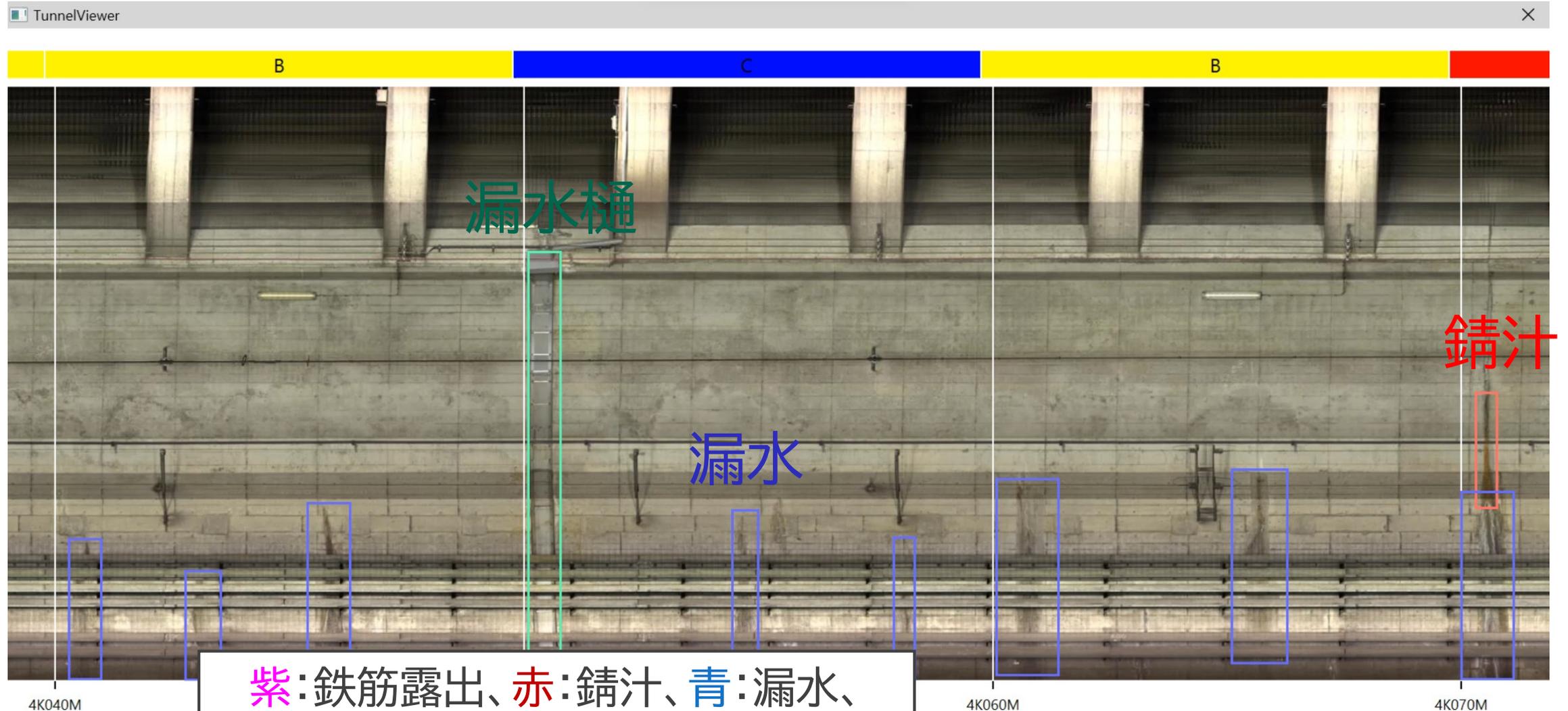
#### 一般に要注意箇所とされる変状



- ①鉄筋露出 (512枚)   ②錆汁系 (2704枚)   ③漏水 (15684枚)   ④漏水跡 (5452枚)   ⑤断面修復 (2774枚)   ⑥漏水樋 (1200枚)

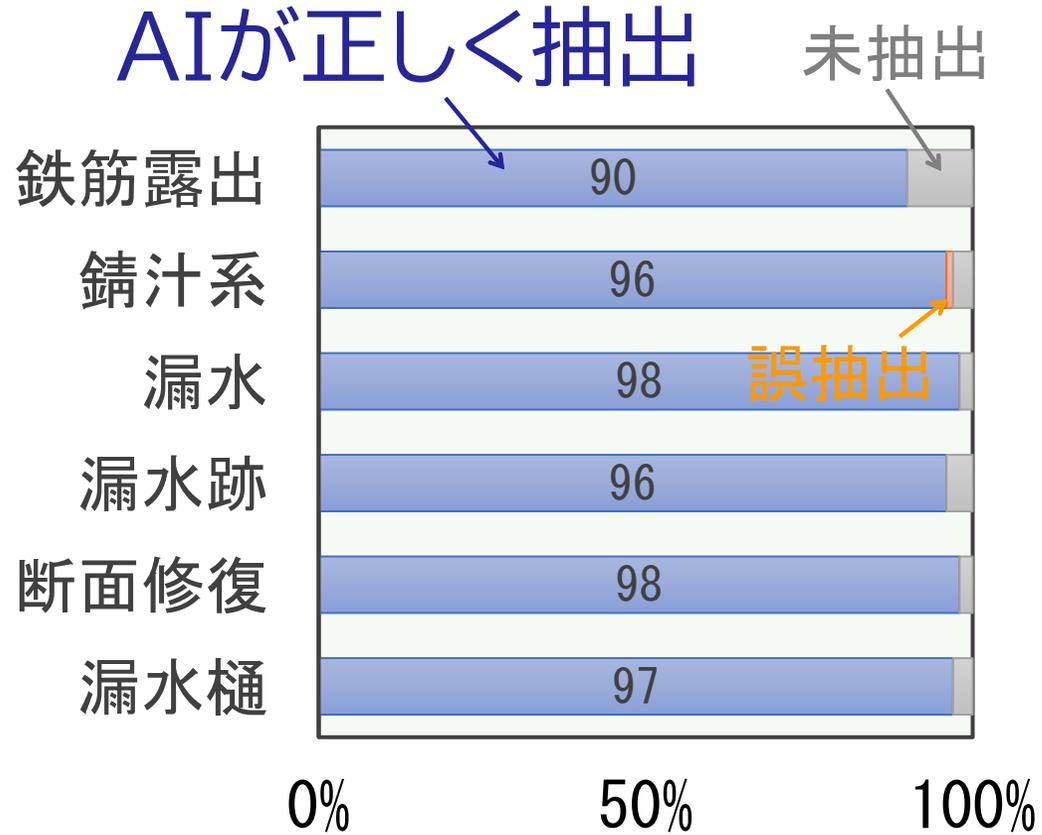
## 2. 健全度自動判定システム

### 変状抽出AI:検出例

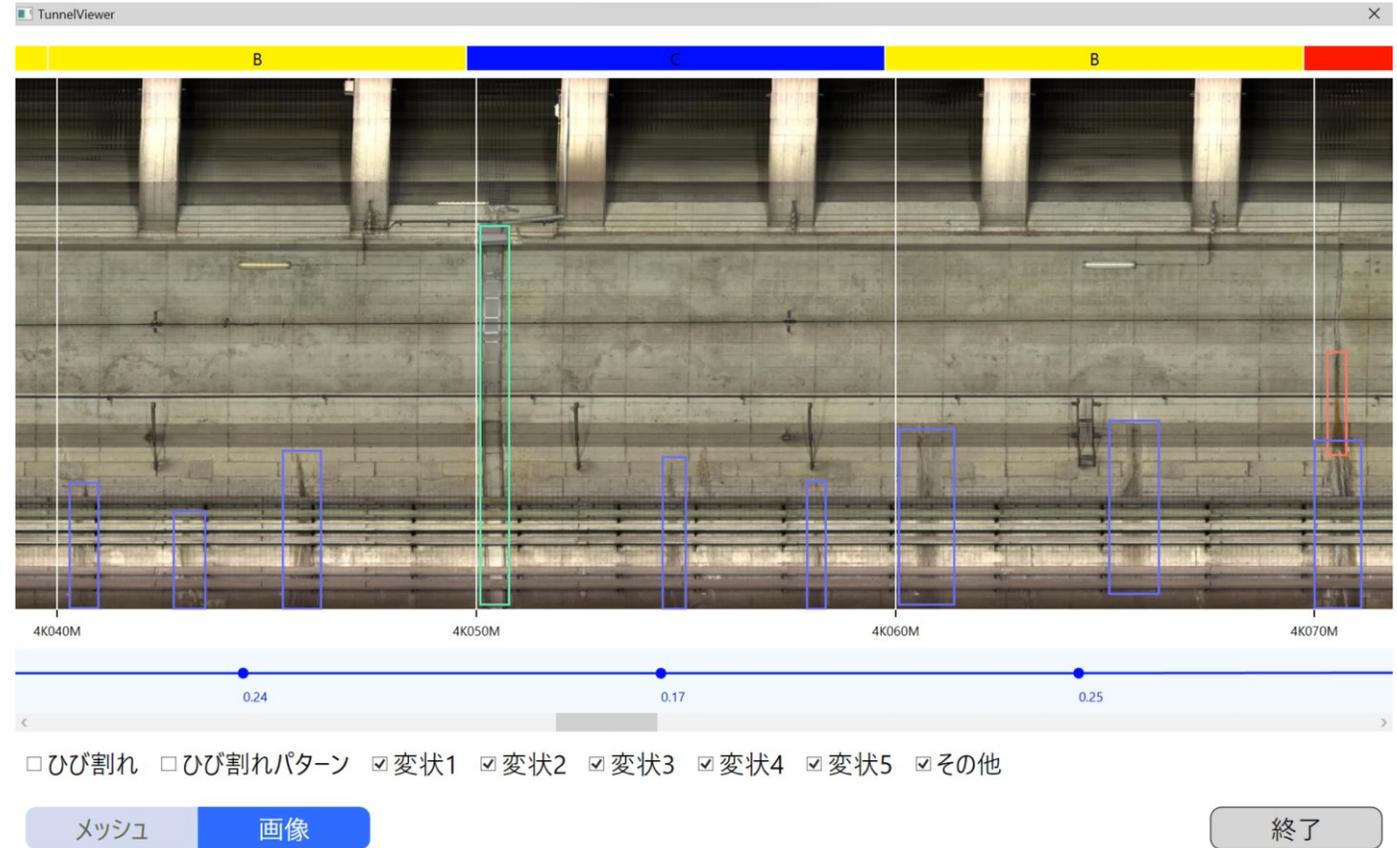


## 2. 健全度自動判定システム

### 変状抽出AI:精度検証結果



mAP@0.5=0.984、F値=0.96

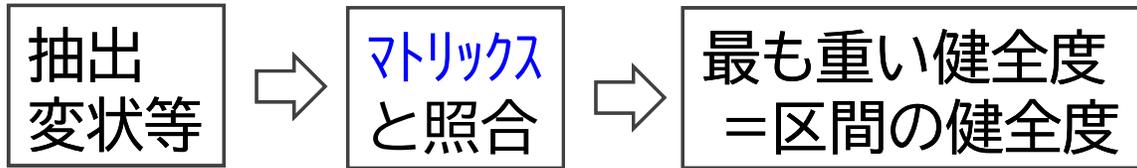


➡ 90%以上の精度で正しく抽出できている

## 2. 健全度自動判定システム

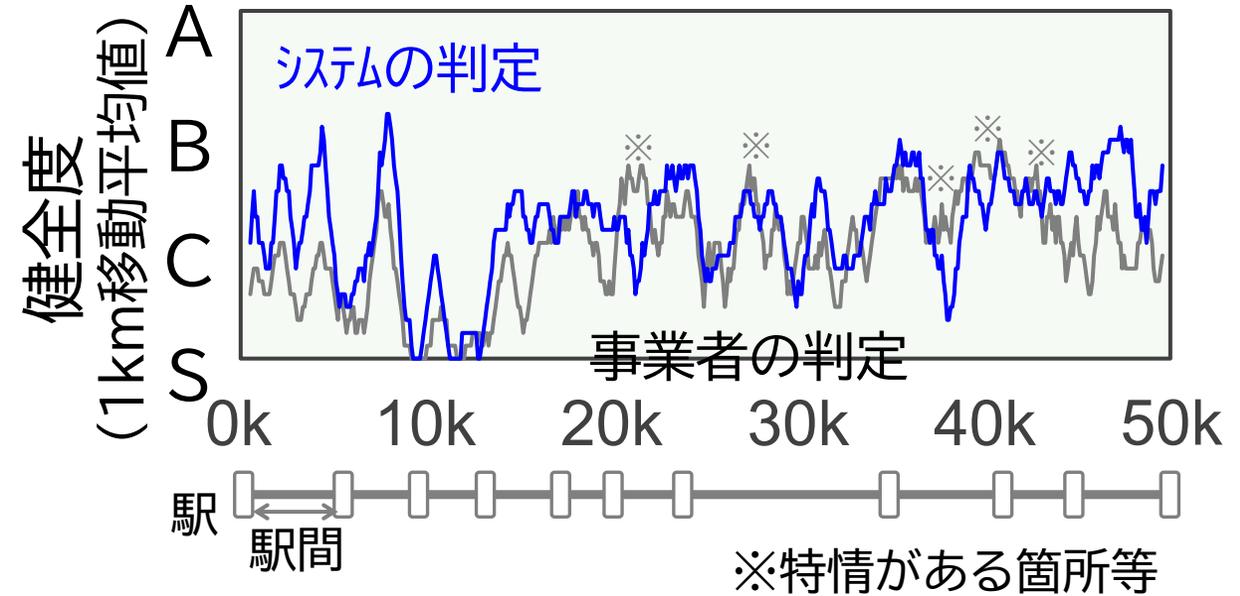
### 健全度の判定

- 維持管理標準の判定例に基づき、健全度A～Sを判定するアルゴリズムを構築



		変状				
		鉄筋露出	錆汁	漏水	漏水跡補修跡	なし
新規・進展		AA or A		A		
上記以外	影響大	A	A	B	C	S
	影響小	A	B	C	C	S

[マトリクス]



[システムの判定～事業者の判定の比較]

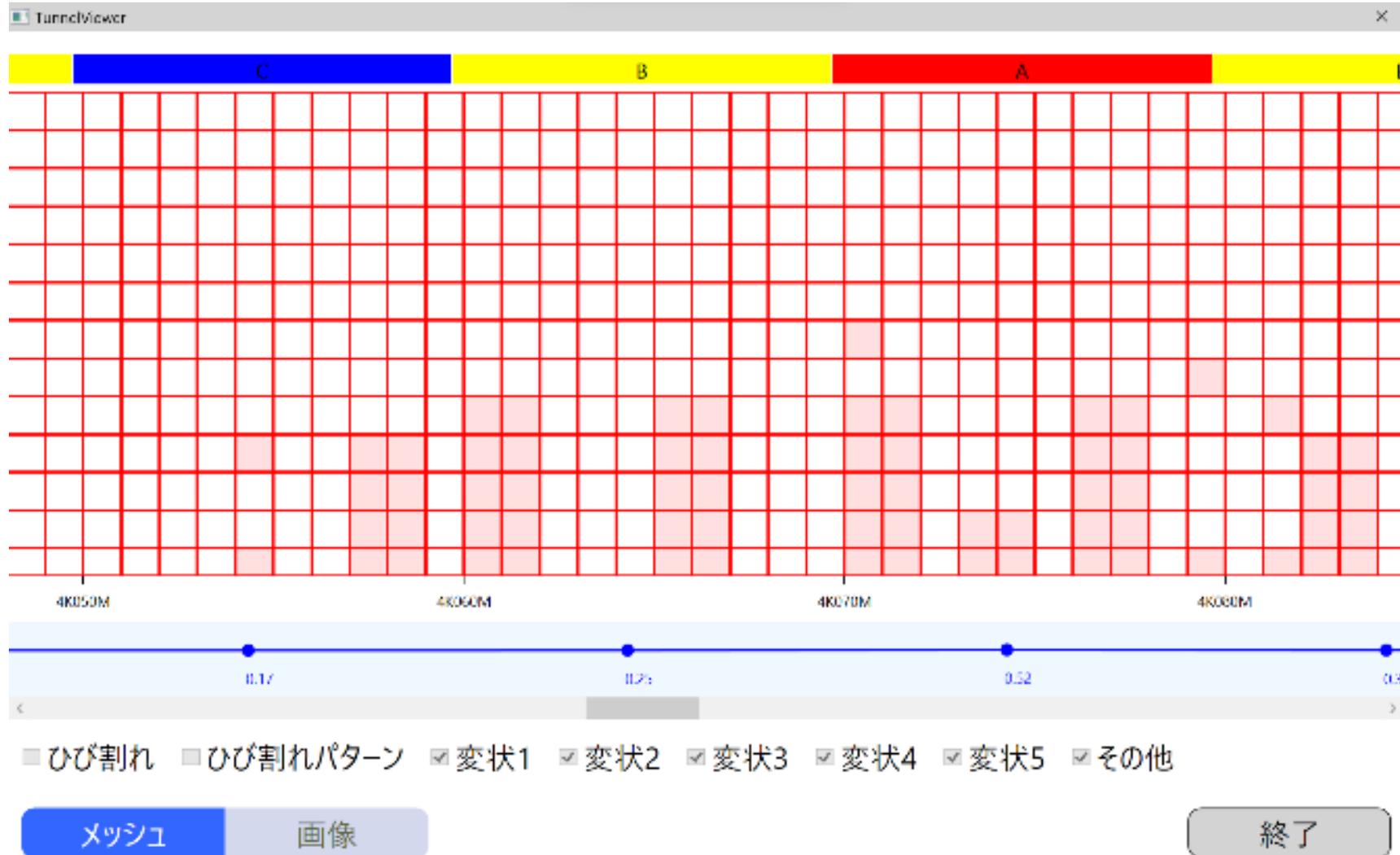
- ◆ 変状抽出AIの精度90%以上 + 健全度のトレンドが一致

➡ 人の作業量を約1/10に削減

## 2. 健全度自動判定システム

### 要注意箇所を表示

◆ 健全度の悪い変状を含メッシュを赤色で表示



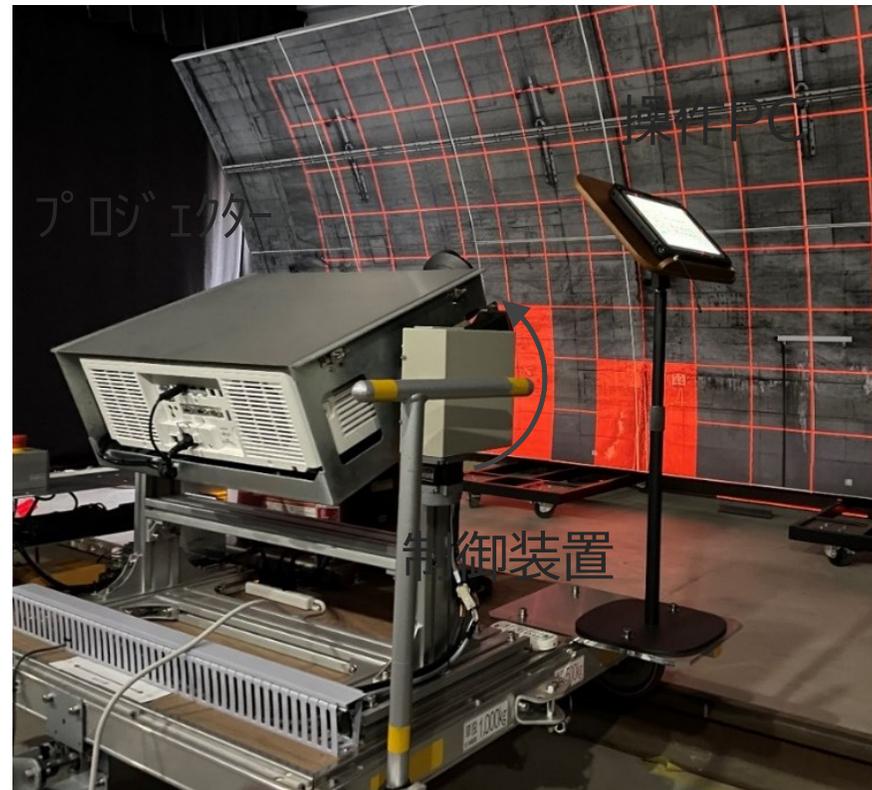
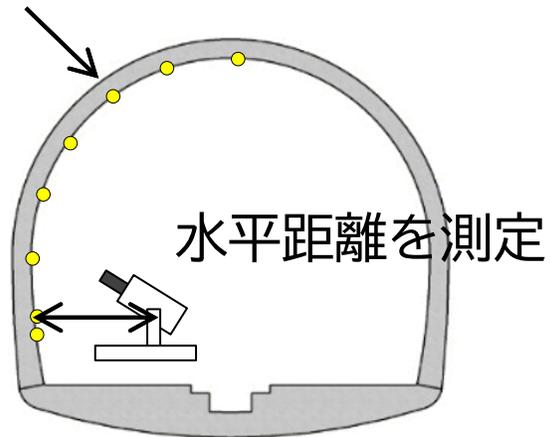
# 3. 要注意箇所投影システム

## 投影システムの概要

- ・健全度自動判定システムが抽出した要注意箇所を覆工に投影する
- ・トンネルの形状に合わせて、メッシュを自動補正

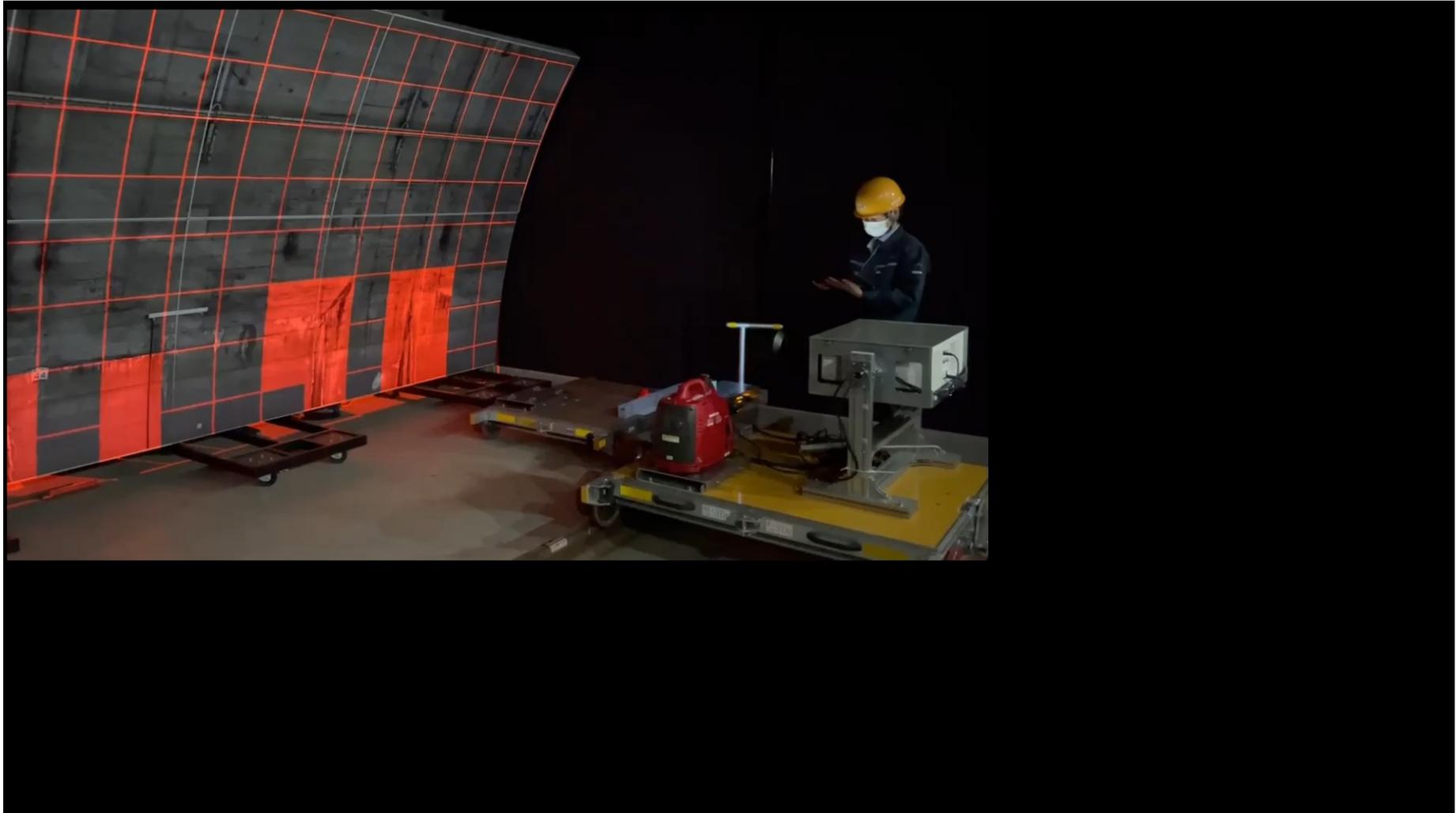
### 〈事前準備〉

財産図から形状  
を入力(1mピッチ)



### 3. 要注意箇所投影システム

#### 室内試験(動作確認)



### 3. 要注意箇所投影システム

- ◆ 地下鉄事業者の協力を得て現地試験を実施  
現地試験(設置)

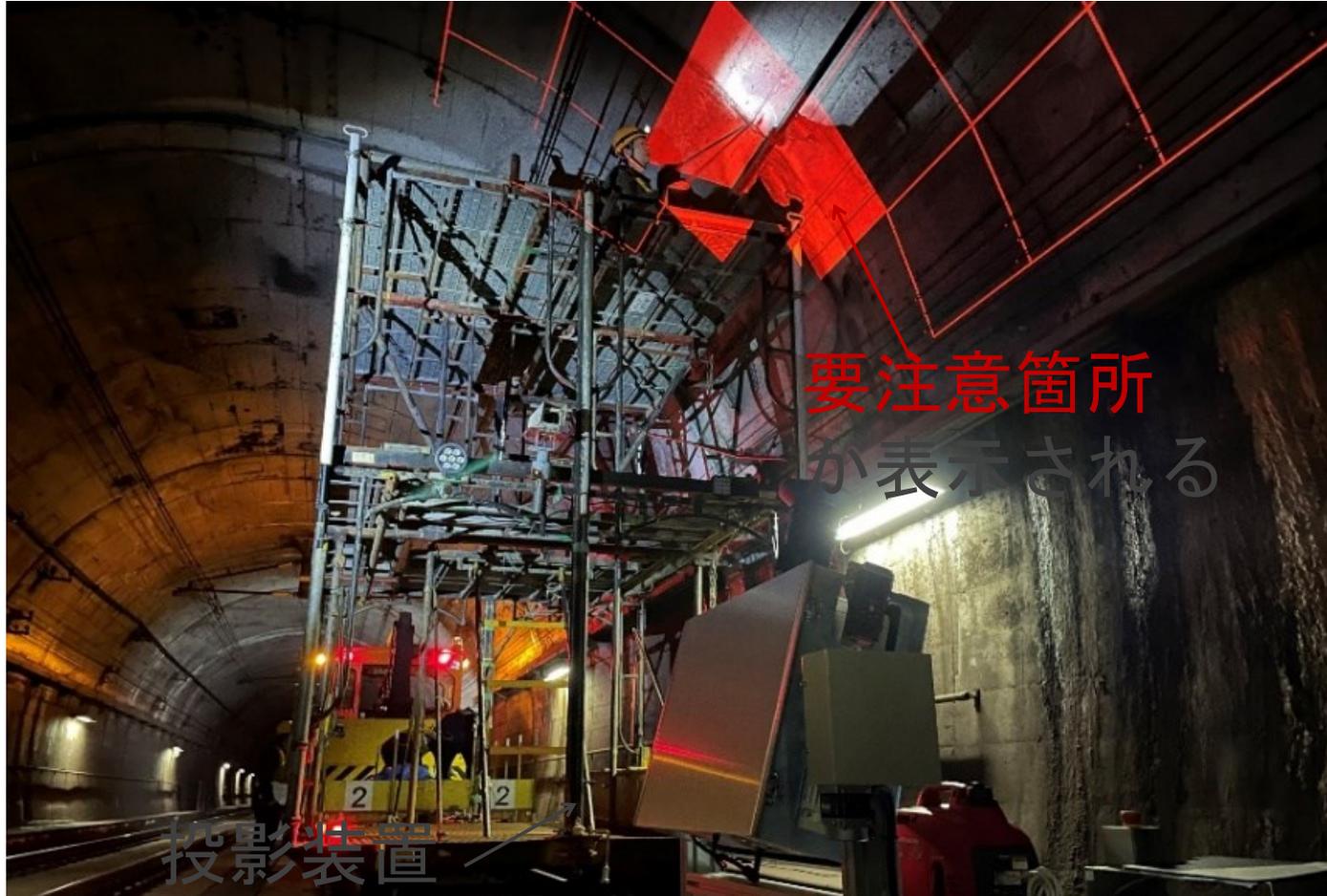


協力:神戸市地下鉄

⇒設置に要する時間は5分程度

### 3. 要注意箇所投影システム

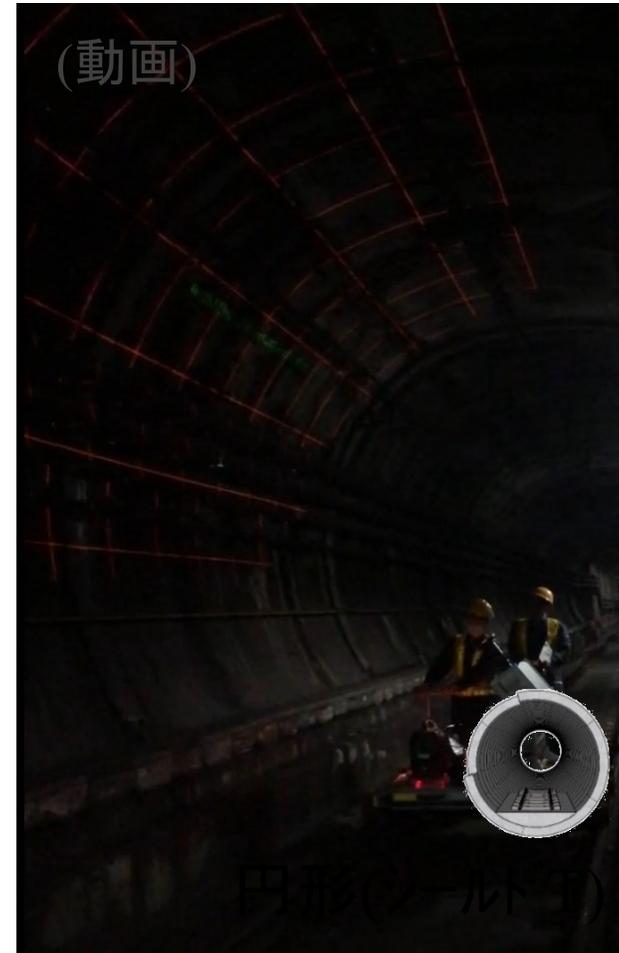
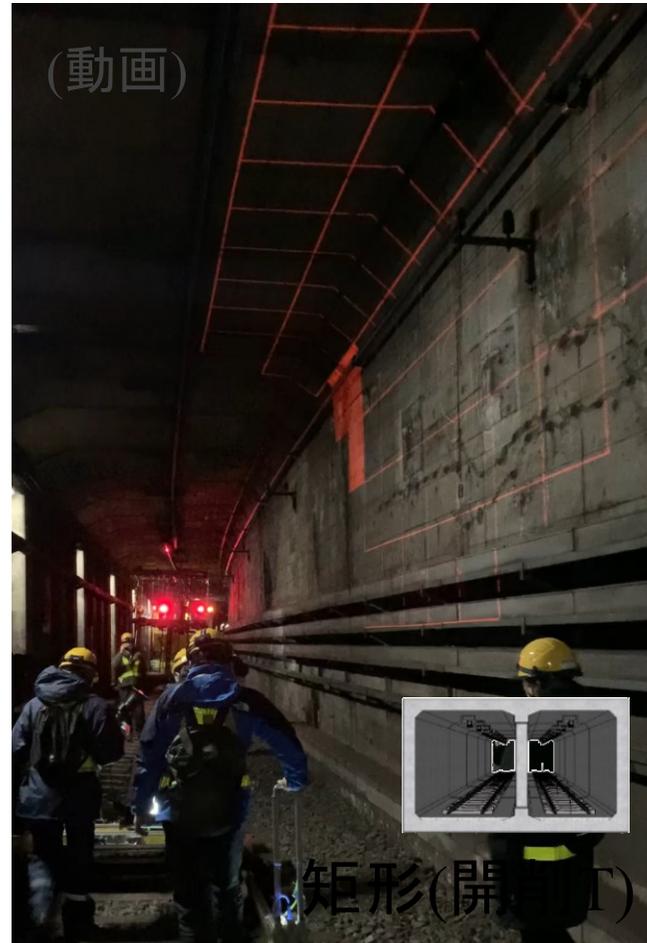
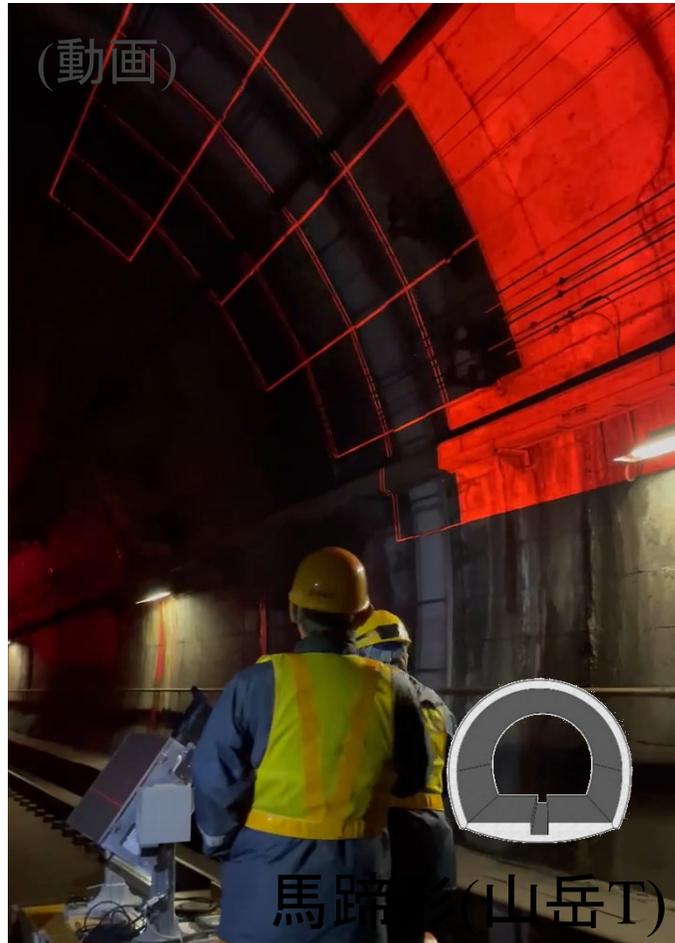
#### 現地試験(投影状況)



⇒ 要注意箇所が鮮明に表示され, 視認性が良好

### 3. 要注意箇所投影システム

#### 現地試験(投影状況)



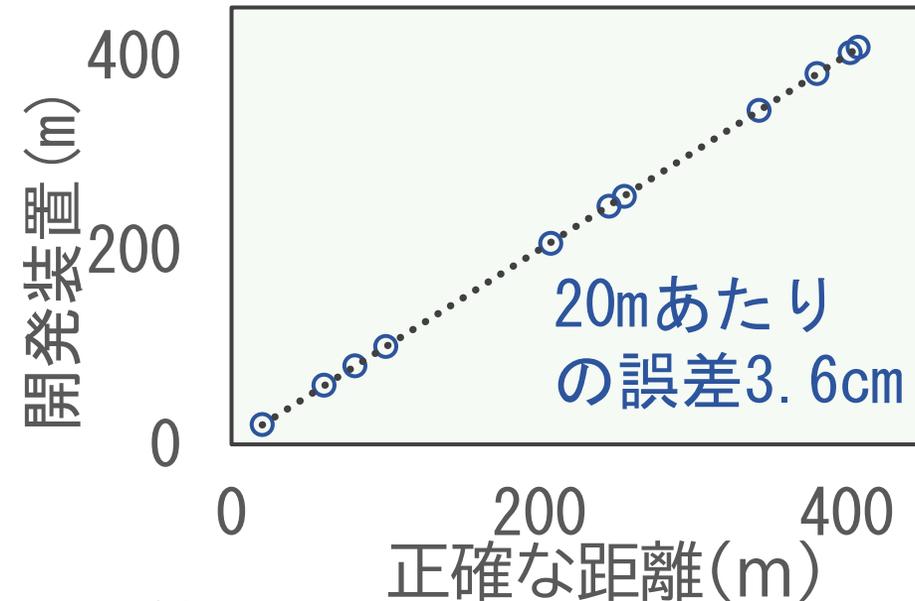
凹凸部

⇒ トンネルの形状によらず、メッシュが正しい形状で表示される

### 3. 要注意箇所投影システム

#### 現地試験(位置検知精度)

- ◆ 自位置はロータリーエンコーダーにより簡易測定



- ⇒ 実務上問題ない精度で検知が可能
- ⇒ ズレの補正は、手動(テンキー)で現地合わせ可能とした
  - ※ ズレ量は目視でおおよその見当がつく
  - ※ 目地(10~20m間隔)でズレの補正が可能

### 3. 要注意箇所投影システム

現地試験(検査速度) ◆ 新旧の方法で検査にかかる作業時間を比較

指示者の指示に従い検査



(現行)

赤いところを自発的に検査

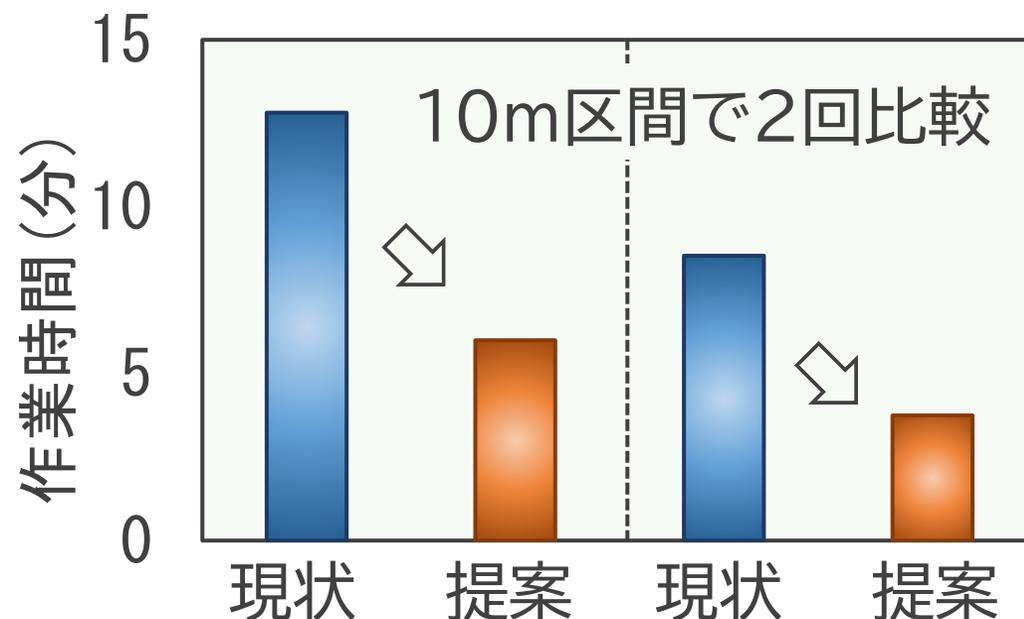


(提案)

### 3. 要注意箇所投影システム

#### 現地試験(検査速度)

- ◆ 鉄道事業者(3社)の立会い協力のもと、検査にかかる作業時間を比較



- ◆ 作業時間を1/2以下に削減 ➡ 現地検査の速度を約**2倍**に向上

## 4. まとめと成果の活用

### まとめ

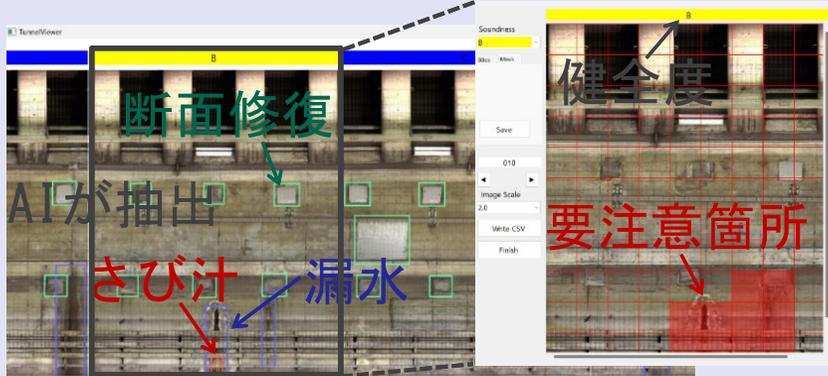
- ◆ デジタル技術を用いたトンネル検査技術を開発した
  - ・健全度自動判定システム ⇒ 変状の確認作業を約**1/10**に削減
  - ・要注意箇所投影システム ⇒ 現地検査の速度を約**2**倍に向上

### 成果の活用

- ◆ 検査実務で活用を開始
  - ・健全度自動判定システム
    - ⇒ 事業者にて活用開始(24年度:**1**社, 25年度:**2**社予定)
  - ・要注意箇所投影システム
    - ⇒ 販売開始の準備中

# 5. 今後の展開

## 健全度自動判定システム



トンネル壁面画像



⇒ 都市部にあるトンネルを対象



山岳部にあるトンネルへの対応  
⇒ 無筋コンクリートの打音調査への対応  
打音AI判定(清/濁), 打音位置の計測・記録

## 要注意箇所投影システム



覆工投影装置



投影状況

⇒ 簡易トコへの搭載を想定



多様な検査用車両への対応

# 5. 今後の展開

## システムの将来像

