

- 研究開発項目 : ロボット技術の研究開発
- 研究開発テーマ : トンネル全断面点検・診断システムの研究開発
- 研究責任者 : 東急建設株式会社 技術研究所メカトログループ 中村 聡
- 共同研究グループ : 東京大学、湘南工科大学、東京理科大学、小川優機製作所、菊池製作所



# 研究開発の目的・内容



## 研究開発の目的

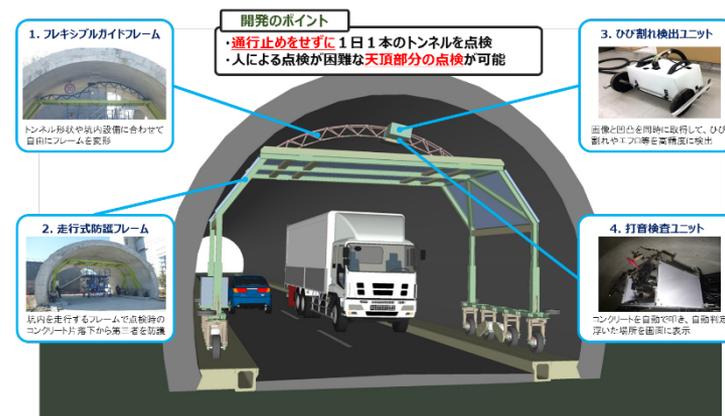
- トンネル点検時に必要となる交通規制を大幅に削減し、特に代替ルートの設定できないトンネルの点検を通行止めをせずに行うことで、生活道路としての機能や緊急車両の通行を確保する。
- トンネルのコンクリート覆工面に近づくため、高所作業で行っていた打音検査や近接目視による点検作業を遠隔操作ロボットで行う。
- 専門的な知識が必要なトンネルの点検・診断を点検システムがサポートすることで、専門家でなくても適切な補修や維持管理方法について判断可能な情報を提供する。



従来のトンネル点検例

## 主な研究開発の内容

1. 多様なトンネル形状や坑内設備に適應するフレキシブルガイドフレーム
2. コンクリート片の落下などの災害を防止する走行式防護フレーム
3. コンクリート表面の凹凸を検出し、汚れとひび割れを識別する  
ひび割れ検出ユニット
4. 打音と画像から浮きの位置を記録する打音検査ユニット



トンネル全断面点検・診断システム

## 交通を妨げない点検用フレームの開発

### フレキシブルガイドフレーム



変形による附属物回避



ガイドフレーム (1ユニット)

#### 【技術概要】

- ・アクチュエータの伸縮によりガイドフレームが変形
- ・坑内設備位置を検出し、逆解析手法により変形量を決定

#### 【実施内容】

##### ■ 模擬トンネルでの動作検証

覆工面との接触や、特異点が発生すること無くフレームが変形可能であることを実証 (11フレーム同時制御)

##### ■ 異常発生時の多重安全対策

停電時でも形状を保持するセルフロック機構を採用

### 走行式防護フレーム



模擬トンネル走行試験



フレーム組立実証実験

#### 【技術概要】

- ・トンネル線形に倣って坑内を走行、停止時に点検を実施
- ・一般車両走行エリアと点検エリアを区分し、災害を防止

#### 【実施内容】

##### ■ 模擬トンネルにおいて走行性能を確認

歩道への乗り上げ、覆工面との干渉、操舵性などに問題が無いことを確認

##### ■ フレーム組立作業を検証

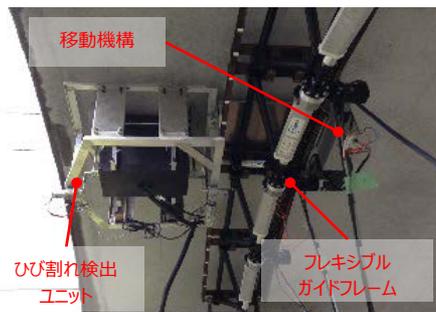
現地での組立、解体作業が想定される作業時間内で実現可能であることを確認

### 点検用フレームを使用するメリット

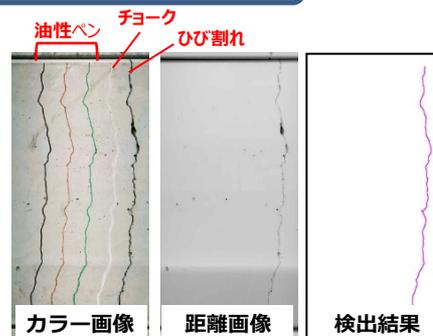
- ・反力を得られるフレーム構造により打音検査やたたき落とし、簡易補修作業が可能
- ・少ない交通規制で精密な点検作業ができる
- ・可変形状フレームにより適用可能なトンネルが増大

## 遠隔操作による点検ユニットの開発

### ひび割れ検出ユニット



ひび割れ検出ユニット



取得画像とひび割れ検出結果

#### 【技術概要】

- ・ カラー画像と距離画像を組合せ  
汚れなどのノイズに頑健なひび割れ検出を実現
- ・ エフロレンセス等の変状も検出可能

#### 【実施内容】

##### ■ ひび割れ検出性能試験

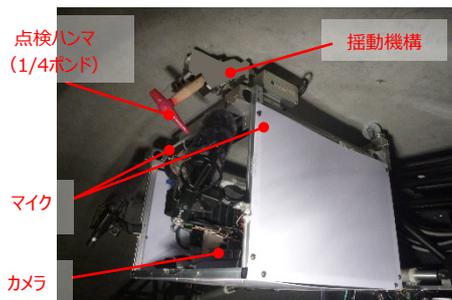
試験体のひび割れと汚れの識別率70%以上を達成

##### ■ 模擬トンネルでの性能検証

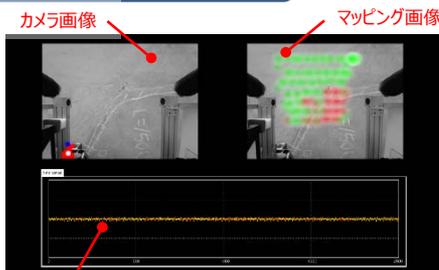
点検員の結果と比較し、一定の検出精度を確認

(ひび割れ検出精度 幅 108%、長さ 95%)

### 打音検査ユニット



打音検査ユニット



変状位置マッピング

#### 【技術概要】

- ・ 画像と打音を同時に取得し、瞬時に浮きを判定
- ・ 検出箇所のマッピングにより浮きを可視化

#### 【実施内容】

##### ■ 模擬トンネルや供試体による検出実験

教師ありマルチレベル学習に基づく推定法により、浮きや斜めひび割れの検出に成功

##### ■ スクリーニング手法の検証

教師なし学習により現場キャリブレーション作業を削減

### 点検ユニットのメリット

- ・ 画像から汚れなどのノイズを除去する後処理の作業量が削減
- ・ 斜めひび割れや閉合箇所などを検出し、剥落につながる変状を早期に発見

## 開発の最終目標

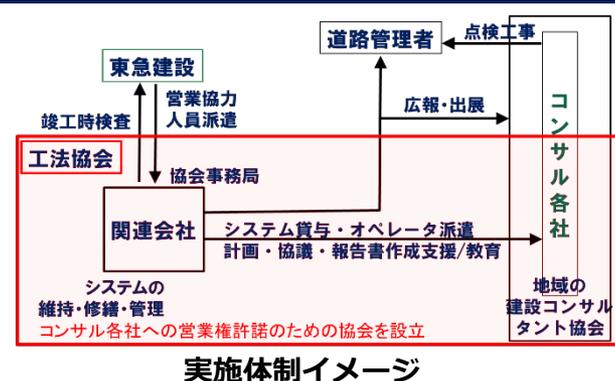
- トンネル全断面点検・診断システムの検出精度
- ・ひび割れ 80%以上 (幅 0.5mm以上)
  - ・浮きなどの変状 70%以上
- を達成する

## 点検システムのターゲット

- ・技術者不足が深刻な地方自治体が管理する一般道トンネル
- ※全国のトンネルの約55%に点検システムが適用可能  
(点検システムが導入可能な道路幅員と有効高さなどから適用範囲内のトンネル割合を算出)

## 自治体が管理する道路トンネル点検支援

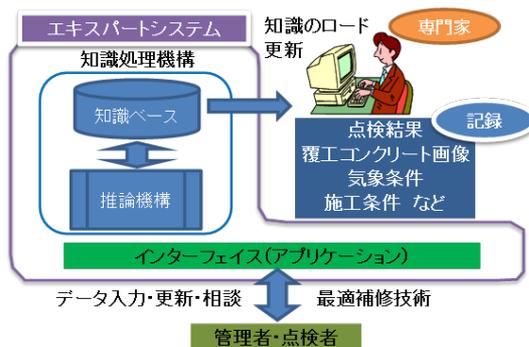
- 地元のコンサルタントや点検業者等に高所作業車、検査技術者経費と同等以下の価格で **点検システムを貸与(レンタル)し、技術指導を行う**
- 点検システムを中心とした協会を設立し、**普及促進やシステム貸与、オペレータ派遣、計画や報告書作成支援、道路管理者への情報提供等を行う**



## 実用化に向けた技術開発

### トンネル診断支援システム (開発中)

取得した点検データから変状展開図や写真台帳を作成し、最適な補修方法や材料、業者等のデータを提示するシステム。  
この診断支援システムにより、技術者のいない地域の維持管理方針設定や補修費用の算出を支援する。



地方自治体における維持管理業務の人材不足や、構造物の基礎的情報不足に貢献するシステムを目指す