

プロジェクト・研究成果の概要(1/3)

プロジェクト:「トンネル点検支援技術の高度化に関する研究」				
プロジェクトリーダー				
氏名:石川 貴一郎				
プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ) 日本工業大学機械工学科、岡山大学大学院環境科学研究科、関西大学社会安全学部、早稲田大学理工学術院基幹理工学部、i システムリサーチ(株)、(株)ウエスコ、応用地質(株)、(株)オリエンタルコンサルタンツ、計測検査(株)、(株)建設技術研究所、(株)鴻池組、国際航業(株)、(株)ニュージェック、パシフィックコンサルタンツ(株)、三井住友建設(株)、ライカジオシステムズ(株)、国土交通省近畿地方整備局道路部、近畿技術事務所、(一般)先端建設技術センター、(株)高速道路総合技術研究所、(一般)日本建設機械施工協会、(一般)近畿建設協会				
プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等) 道路トンネル点検は、厳しい環境条件の中で、熟練技術者による適切な判断が必要となっており、工期、コスト、安全、労働環境、精度、適任者の確保等が課題となっている。 本研究の目的は、走行型計測を有効に活用した道路トンネルマネジメント手法の確立である。その手段として、①走行型計測の性能・機能を理解した上での画像・レーザ等から得られたデータに対する自動解析やAI技術の活用(支援)方法の検討 ②設計～施工～維持管理のプロセスにおける建設時からの正確な 3 次元形状データ、地山状況、施工法、損傷状況等のデータベース保管・活用方法についての検討を行うものである。				
プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等) 本研究は、デジタルツイン構造(フィジカル空間～サイバー空間)を基本とした統合型健全度診断システムの構築を目指すものである。研究項目を表-1 に示す。 ①非破壊検査技術の有効活用によるトンネル点検支援技術の高度化 ②画像・計測データへのAI技術活用による健全度診断の効率化・判定精度の向上 ③i-Construction 推進に向けたトンネルデータベースの有効活用検討 それぞれの研究項目を、点検・計測、解析、診断、管理別に分類する。				
表-1 研究項目				
研究項目	点検・計測	解析	診断	管理
①非破壊検査技術の有効活用によるトンネル点検支援技術の高度化	計測・データ解析方法について、要求性能に応じた標準化を検討し、効果的な点検支援の高度化技術 各種損傷(ひび割れ、うき、はく離、変形、漏水等)の検出精度の向上策の検討	トンネル定期点検の支援技術の明確化 変状原因・進行性の把握、空洞などを加えた総合的な診断支援		Point 1 点検要領 判定目安に対する支援内容の整理 Point 2 レーザ点群を活用した検出精度向上
②画像・計測データへのAI技術活用による健全度診断の効率化・判定精度の向上		画像による各損傷の自動認識、損傷展開図の自動作成 変形・空洞などの物理情報をあわせた健全度診断支援、判定精度向上	Point 3 適切な教師データによるAI学習 (変状、展開図、判定をセットにして属性付与)	
③i-Construction 推進に向けたトンネルDBの有効活用検討	3次元形状データの出来形検測への活用	誤差を適正化した高度解析技術による変形評価法	Point 4 衛星不可視下での正しい中心軸決定の課題を解決	生産性向上を目的とした3次元モデル・データ管理データベース活用方法の検討

プロジェクト・研究成果の概要(2/3)

プロジェクトの研究成果の概要

(1) 非破壊検査技術の有効活用によるトンネル点検支援技術の高度化

従来の定期点検によって検出されるひび割れやうき・はく落などの変状に対して、トンネル走行型計測によってどこまでの支援が可能であるか、検出能力、精度について検証を行った。その結果を表-2 に示す。それぞれの変状に対して、走行型計測の画像、レーザデータからスクリーニング能力が確認でき、一定のばらつきや誤差原因を説明することもできた。

表-2 検証結果と課題

評価のポイント		検証結果と課題
ひび割れ	・外力性が判定できるか ・幅、長さが抽出できるか ・進行性がわかるか（客観的位置） ・ひび割れ密度 ・微細ひび割れが必要か ・遊離石灰、漏水で視認不可の場合	・△ 画像のみでは困難 ・○ 0.3mm程度以上可能 ・○ 前回との比較で可能 ・○ 抽出可能 ・△ 議論が必要 ・△ 画像のみでは困難 ・経験的に可能か？
うき	・画像からどの程度まで判定可能か ・閉合ひび割れ、交差・分岐内側 ・目地沿いのうきに繋がるひびわれ ・ジャンカ、はく落、欠け ・変色、劣化、漏水 ・打音との併用が必要	・△ 画像のみは限界あり ・○～△ 親指大程度可能 ・○～△ ひび伴うものは可 ・○～△ ある程度可能 ・○～△ 一部有効では？ ・△ 最終評価は打音が必要
変形	・レーザ点群活用の有効性 ・外力性が否かの判定	・○ 変形には有効 ・○ 有効 ルール必要
鋼材腐食	・付属施設の判定（重要度777°）	・○～△ 視認できれば可能
巻厚不足 背面空洞 有効巻厚	・覆工巻厚不足、背面空洞の判定 ・有効巻厚の判定	・×～△ 画像・MMSだけでは困難 ・×～△ 打音検査だけでも困難
漏水	・漏水・遊離石灰 規模・位置判定 ・漏水量の判定	・○～△ 画像/点群輝度可 ・△～× 量は困難

(2) 画像・計測データへの AI 技術活用による健全度診断の効率化・判定精度の向上

1) レーザ点群を活用した変状検出精度の向上策の検討

レーザ計測に関する特徴を整理したうえで、形状からのトンネル特徴量の抽出の可能性と、反射強度に着目した変状抽出の可能性について検討を行い、図-1 のように路面状況、補修跡、漏水、遊離石灰などレーザ反射強度から検出できることが確認された。

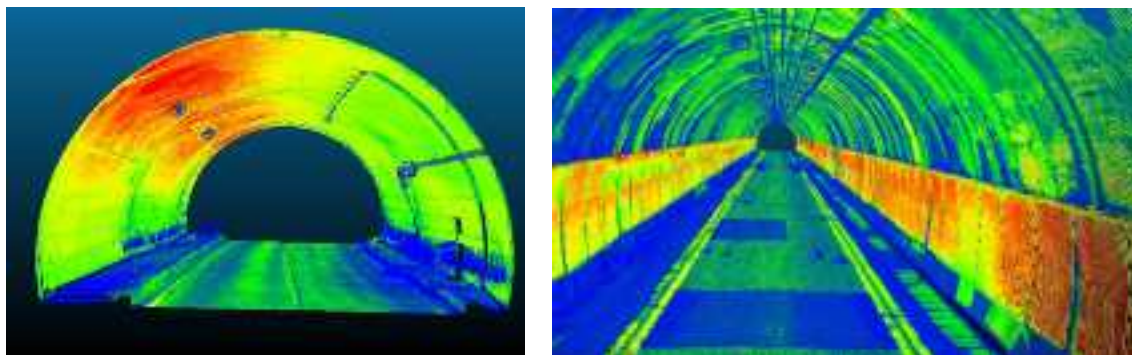


図-1 レーザ反射強度による検出状況

2) AI 技術活用による健全度診断の効率化・判定精度向上の検討

点検支援 AI 構築に向けて、機械学習を用いたレーザ点群からのトンネル覆工面変状の抽出、レーザ点群を用いたトンネル内構造物点検手法の構築、また診断支援 AI 構築に向けて、センサ情報統合による健全度診断の効率化・判定精度の向上について検討を行った。その結果、画像と点群の両方を使ったセンサ情報統合に基づく AI による変状抽出の検討から、現在の走行型計測では、画像と点群の位置の整合性が重要であり、特徴量を自動抽出し、特徴量マッチングを適用することで、位置同期精度が向上することが判明した。

点群を覆工面、照明・ケーブル、導水工、補修跡(図-2 参照)にセグメンテーションする手法の検討を行った。形状変化に着目することで、これらをセグメンテーションすることが可能であることが示唆されたが、トンネルによって、性能が異なることが分かった。今後は、セグメンテーション性能の向上と、画像との自動位置同期機能の開発を行う必要がある。

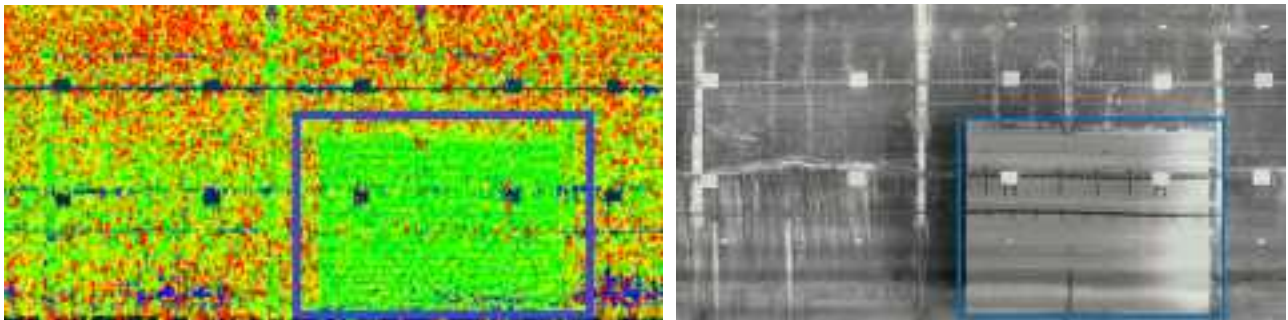


図-2 補修工跡の可視化結果

(3) Construction 推進に向けたトンネルデータベースの有効活用検討(今年度実施)

設計～施工～維持管理のプロセスにおいて、生産性向上を目的とした「i-Construction」が導入されており、建設時からの正確な 3 次元形状データ、地山状況、施工法等を把握しておくことは、今後の点検～診断～対策のメンテナンスフローにおいて重要と考えられ、これらのデータベースの保管や活用方法についての検討を行うものである。i-Construction は、地形・地質データ、構造物データ、計測データ等を管理し、設計～施工～維持管理に係る生産性向上を目指すものである、本研究では、走行型レーザ計測による 3 次元形状データによる出来型検測への活用、従来手法よりも誤差を適正化した高度解析技術による変状評価法の検討、これらのデータベースの活用方法の検討を行う。

(4) 今年度の方向性

H26 年度に制定された道路トンネル定期点検要領にて運用されて 5 年が経過し、新たな点検要領に改訂された。改訂のポイントは、① 1 巡目の点検を踏まえた効率化・合理化、② 点検支援技術の積極的な活用であり、点検支援技術活用の方向性が位置付けられた。

本研究では、この流れを踏襲し、点検支援技術をいかに高度化して健全性診断に活用するかを第一の研究ポイントにしたうえで、AI、デジタルツインなど新技術の活用も踏まえ、一層効果的で合理的なスマートインフラマネジメント手法の確立に向け取り組んでいく。