

プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

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 貴一朗 ・所属・役職:日本工業大学 機械工学科 准教授	
研究期間:平成 30 年 10 月～令和 3 年 3 月	
プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ)、25 団体 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、(株)ウオールナット、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)、三菱電機(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、近畿道路メンテナンスセンター、(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。本研究は、合理的かつ効率的に定期点検(点検作業～調査作成～健全性診断)を実施するため、点検支援技術を高度化(得られたデータに対する適正活用や AI 技術による支援等)し、社会実装化に向けてより有用な道路トンネルマネジメント手法を確立することである。	
1.プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等) 1-1 研究の項目と内容 本研究の全体的な研究項目とそれぞれ年度別 に実施した内容を表-1 に示す。 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 AI 技術活用による健全度診断の効率化・判 定精度の向上 i-Construction 推進に向けたトンネル DB の有 効活用検討 1-2 研究項目に対する課題 専門技術者不足に伴う対応、損傷原因の特 定力の向上が必要である。 点検調査等の作成時間の短縮、診断の確実 性と時間の短縮が必要である。 損傷原因の特定が早期に可能となり、より確 実な診断が可能となり、さらに時間短縮につ ながること 1-3 研究方針 本研究では、上記の検討課題をクリアできる点 検支援技術の高度化イメージ(図-1 参照)をもとに 以下の方針を設定した。 既存トンネルにおいて、外力性変状の有無、 進行性評価について、具体的な検証を行う。 同じく、回転補正、縦断方向の位置補正の実 用化検証を行う。 AI を活用した健全部のスクリーニングについて、有効性を検証する。 非破壊検査、ロボットなどの新技術を活用し、対策区分の目安に対して支援できる内容とレベルを明確にし、 健全度評価の効果検証および実用性検討を行う。 本研究の技術を活用した場合の、点検コスト削減効果、効率化について検討する。 これらに準拠した運用マニュアル、および発注仕様の素案(要求性能)を作成する。	

表-1 研究項目と年度別内容

研究項目	目的	2018年度	2019年度	2020年度
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	・画像診断(外力性・進行性)の診断精度向上 ・AIによる診断精度向上	・画像診断(外力性・進行性)の診断精度向上 ・AIによる診断精度向上	・画像診断(外力性・進行性)の診断精度向上 ・AIによる診断精度向上	・画像診断(外力性・進行性)の診断精度向上 ・AIによる診断精度向上
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	・画像診断によるスクリーニングにより調査・診断業務の効率化	・画像診断によるスクリーニングにより調査・診断業務の効率化	・画像診断によるスクリーニングにより調査・診断業務の効率化	・画像診断によるスクリーニングにより調査・診断業務の効率化
③i-Construction推進に向けたトンネルDBの有効活用検討	・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・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・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・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

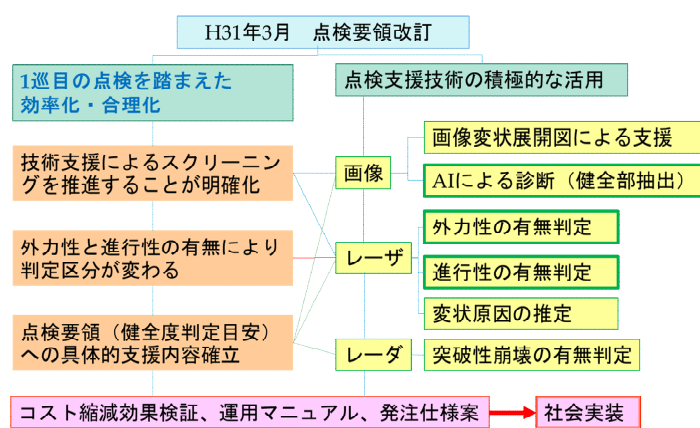


図-1 支援技術の高度化イメージ

プロジェクト・研究成果の概要(2/2)

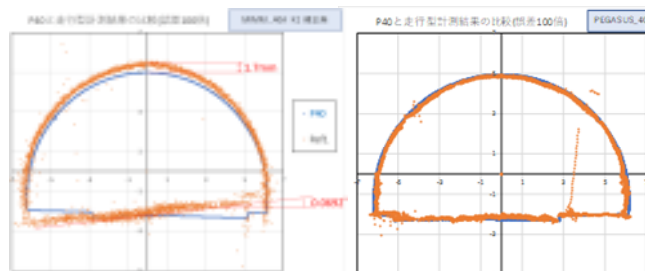
2.プロジェクトの研究成果の概要(図表・写真等を活用しわかりやすく記述)

2-1 画像計測の評価

性能カタログの中から、4 技術: 走行型高速 3D トンネル点検システム(MIMM-R)、社会インフラモニタリングシステム(MMSD)、一般車両搭載型トンネル点検システム(一般車両搭載型)、近赤外線画像撮影による点検技術(近赤外撮影)を抽出し、既存トンネル(同一条件)において各変状の検出状況の検証を行った。すべての技術においてひび割れ(幅0.3mm以上)、漏水、遊離石灰、はく落、目地、変色、付属物や補修工が検出でき、画像計測の有効性が確認された。

2-2 レーザ計測の評価

トンネル内の MMS 計測における特性を把握するため、2 時期比較のための補正方法等について検討した。衛星不可視下でのレーザ計測の位置精度に影響を与える要因を明らかにするため、既存トンネルにおいて高精度の定置型レーザスキャナとMMSによる断面計測の比較、補正前後の精度検証を行った。その結果、MMS の計測精度は±2mm 程度であり、計測速度が低速ではなく 40km/h 以上が望ましいことが判明した。また補正方法として、ランドマーク補正、スキャンマッチングが有効(図-2 参照)であることが立証された。

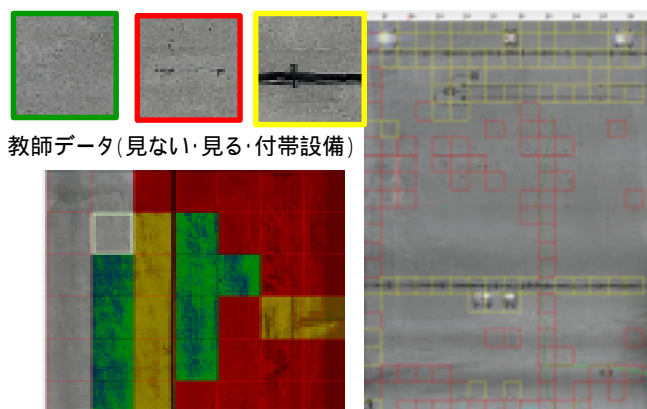


補正なし (回転が発生) 補正後 (精度が向上)

図-2 衛星不可視化での MMS 補正前後

2-3 非破壊検査の有効活用

トンネル巻厚不足や背面空洞の変状を検出には、通常電磁波探査が用いられる。本研究では非接触型・接触型レーダについて、既存トンネルでそれぞれの性能について検証を行った。非接触レーダでは、緊急性を要する巻厚不足、空洞の検出が可能であり、接触レーダでは、すべての巻厚不足、空洞に適用可能な上、覆工内部に発生している内部欠陥(ジャンカ等)などの検出も可能であることが確認できた。また新たに開発された非接触内部欠陥レーダによる検証も行い、うき検出が可能なが確認され、打音検査のスクリーニングに有効であることが立証された。



AI による評価結果(3 分類) 画像展開図上の評価

図-3 AI による分類結果

2-4 AI によるスクリーニング

本研究では、トンネル変状特性などから正常な箇所を抽出するAI開発を行い、教師データ収集ツールの開発と、教師データ収集、さらにその教師データを活用したAIの試作評価を行った。ツールは Windows で動作する GUI 環境で開発可能な Sony Neural Network Console を採用した。過去の画像計測結果を教師データとし、今回の既存トンネルの結果を検証し、図-3 のとおり、見ない(正常)、見る(赤:変状あり)、付帯設備(黄)に区分を行った。

2-5 支援技術を活用した診断

今回の実証実験、これまでに実施された支援内容の検証結果を踏まえ、外力性・材質劣化の判定、定期点検要領の判定・健全性診断への支援方法など点検要領に対する支援内容と支援レベルを整理した。画像計測では、従来点検の近接目視をするレベルで覆工変状が確認できるのであれば、従来点検と同レベルで判定ができる。レーザ計測後に実施するコンター解析は、高度な専門技術でなく、ある程度のレベルまでであれば外力影響の有無が確認できる有効なツールであり、外力影響を伴う変状の診断は可能となる(表-2 参照)。

2-6 運用マニュアル

本研究では、上記検討を踏まえ、性能カタログに示す点検支援技術の分類に基づく現行の主要技術について着目し、これらを現場で運用するにあたり考慮しておくべき事項を中心に運用マニュアルとして取りまとめた。本マニュアルは、高度なトンネル点検支援技術運用マニュアルについて、適用条件、画像計測技術、非破壊検査技術、計測・モニタリング、成果物管理、の構成とし、施工時からのデータの取り扱い方法や BIM/CIM の適用、発注仕様に必要な要求性能(計測精度)にも踏み込んだ内容となっている。

2-7 コスト縮減、効率化検討

今回の実証実験等を踏まえ、支援技術を活用することで、従来点検とのコストが 10~20%程度低減、工期が 20~60%の短縮が期待できることが判明した。

表-2 健全性診断に対する検討結果

変状区分	変状種類	調査技術	従来技術	検討結果
新 材質劣化	圧縮、ひび割れ	画像計測 レーザ計測 <コンター解析>	施工記録 維持管理記録	外力: 代替(高機能化) 材質劣化: 補完 ⇒+αで代替
	うき、はく離	レーザ探査 画像計測 (レーザ計測)	打音検査 (叩き落とす)	
外力	変形、移動、沈下	レーザ計測 <コンター解析>	測量 機器計測	外力: 代替(高機能化)
材質劣化	損材露出	画像計測	<近接目視>	材質劣化: 補完 ⇒+αで代替
材質劣化	巻厚不足または減少、背面空洞	レーザ探査 (非接触)	レーザ探査 (接触) コンタクト強度試験	
漏水	漏水等による変状	画像計測	<遠望目視>	漏水: 補完 ⇒+αで代替

