

1. 研究目的と体制

研究名：「解析学的信号処理によるトンネル等のうき・剥離の高精度・高速検出の研究開発」

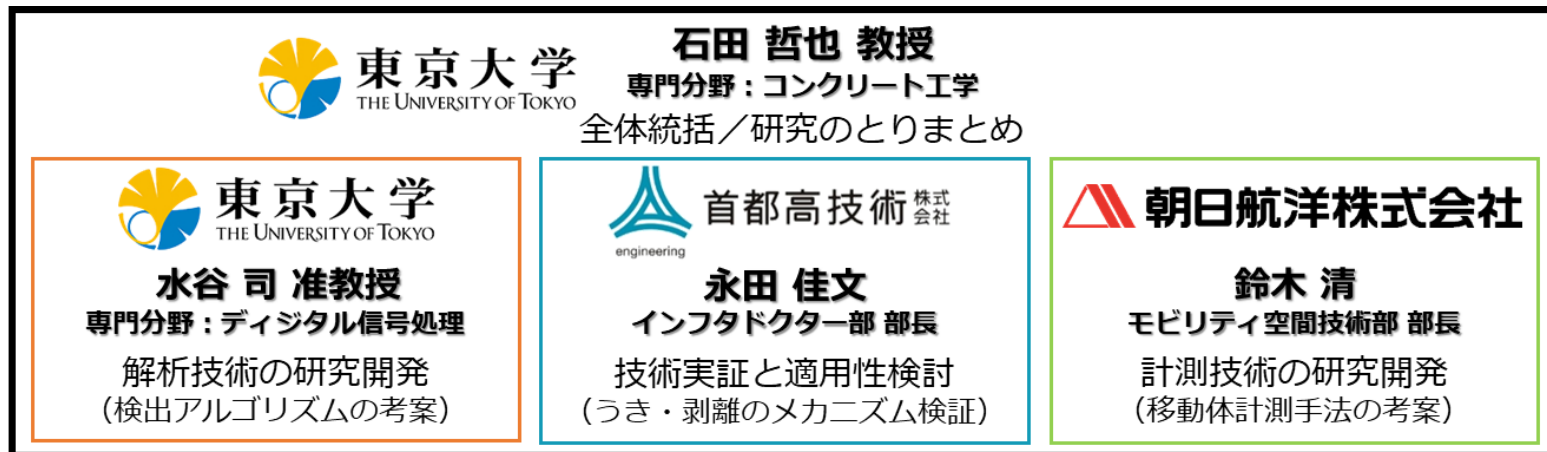
1-1. 研究目的・目標

舗装の変状検出で実証された研究成果を**計測技術と解析技術の両面で応用・発展させ**、トンネル等におけるコンクリートの**うき・剥離を点群情報から検出可能**とすることを目的とする。
本研究成果は、**高精度であるだけでなく**、処理の自動化により**高速にうき・剥離を検出**することで、点検→診断→補修を**準リアルタイムに連続的に行い**、トンネル点検においてより効率的かつ生産性の向上につながる技術として社会実装を目指す。

年度	実施内容	達成目標
令和2年度	【計測技術】 計測技術の高度化 【解析技術】 解析ロジックの精緻化 【技術実証】 現場フィールドにおける検証・確認	本研究の定量的目標値の達成 地域、施工法の異なる条件での検証完了

1-2. 研究体制

研究代表者： 東京大学大学院工学系研究科 石田 哲也 教授
共同研究者： 東京大学生産技術研究所、首都高技術株式会社、朝日航洋株式会社



2. 作業計画と進捗状況

2-1. 作業計画と進捗状況

実施項目	進捗	計画・実績
計測技術の高度化	実施中	(計画) 実証用データの取得 (実績) 令和元年度同様トンネル（生坂TN・池沢隧道）の計測を完了
	実施中	(計画) 準リアルタイム変換を見据えた解析学的信号処理までの高速化 (実績) 準リアルタイムフローの考案
	完了	(新規) トンネル内計測データの縞状凹凸ノイズの削減 (実績) プロトタイプ車両の最適化 を行い、 凹凸ノイズの削減を実施
解析ロジックの精緻化	完了	(計画) 特定のスケールを有する損傷を自動抽出するアルゴリズムの改良 (実績) 解析パラメータの最適化と損傷エリア推定能の向上
	完了	(計画) 点検員の感覚と整合的な基準面の実装と損傷深度推定の向上 (実績) より整合的な基準面の定義・実装と損傷深度推定能の向上
現場フィールドにおける検証・確認	実施中	(計画) 十分平滑な表面に対する適用性検証 (実績) 護国寺補修基地による 損傷エリア推定能・損傷深度推定能の向上を確認
	実施中	(計画) 非損傷由来の無視できない大きさの凹凸を有する表面への適用性検証 (実績) 対象トンネル（橋沢隧道）の選定と計測・打音検査の計画

2-2. 令和2年度の現場への適用実績と計画

検証フィールド	計測・解析	打音検査	実証・適用性検証
護国寺補修基地	解析完了 (既往・新アルゴリズム)	検査完了	検証完了 (損傷のエリア推定能と損傷の深度推定能)
生坂トンネル 池沢隧道	計測完了 (ノイズ削減確認) 解析実施中 (既往・新アルゴリズム)	2021年2月予定	2021年2～3月予定
橋沢隧道	2021年2月予定	2021年2月予定	2021年2～3月予定

3. 研究内容

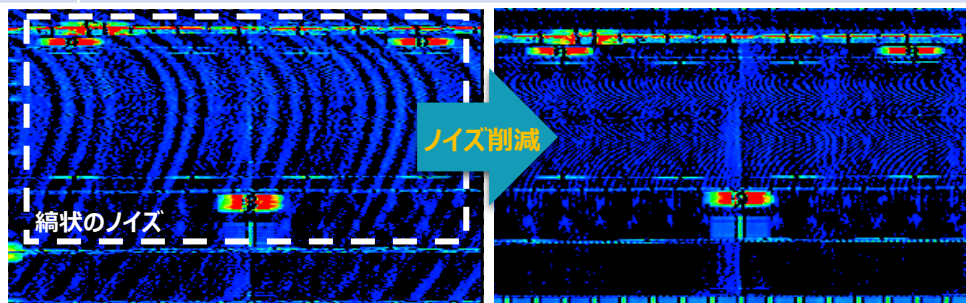
3-1. 令和元年度課題と新規課題に対する対策

課題	No	課題の内容	対策
既存課題 (R1年度)	①	損傷エリアの検出能向上	既往アルゴリズムの最適化・新アルゴリズムの構築
	②	損傷の深さ・厚さの推定能向上	新アルゴリズムによる整合性の高い基準面の生成
新規課題	③	非損傷由来の縞状凹凸ノイズの低減	プロトタイプ車両の最適化

3-2. 研究内容

■ 計測機器の高度化 (課題③)

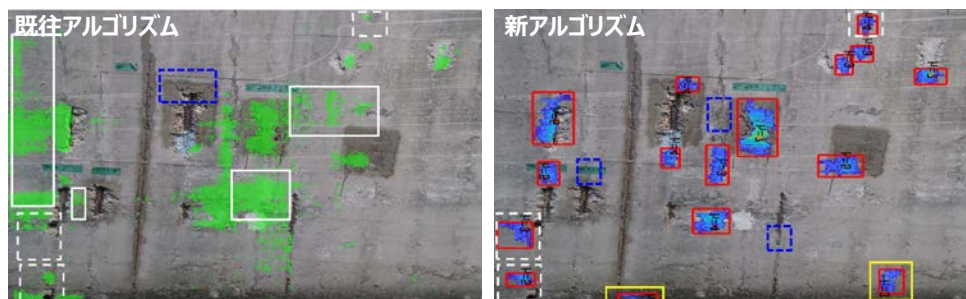
計測～解析までのリードタイムを削減し、かつ、損傷検出精度を担保するため、**準リアルタイムフローの考案と縞状の凹凸ノイズの対策**を講じた。各ハードウェアの設置位置・角度を正確に定め補正值を算出することで、**2mm前後の凹凸ノイズを削減**した。



非損傷由来の縞状凹凸ノイズの低減

■ 解析ロジックの精緻化 (課題①②)

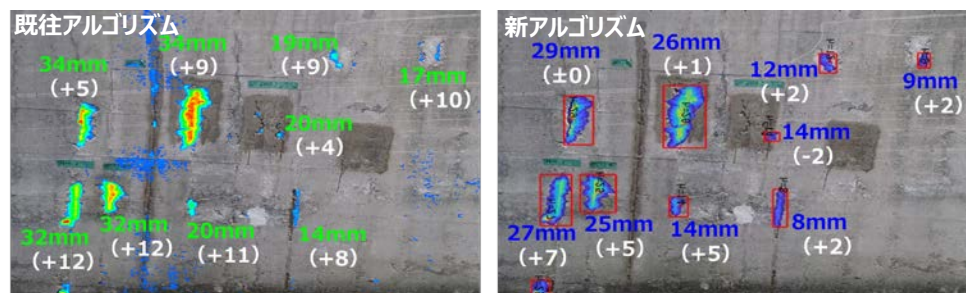
既往アルゴリズムの**パラメータ最適化と新アルゴリズムの構築**を行い、**損傷エリアの推定能の向上**と、**点検員の感覚とより整合的な基準面を定義・実装**することで、**損傷の深度・厚み推定能の向上**を図った。



損傷エリアの検出能検証

■ 現場フィールドにおける検証・確認

既往・新アルゴリズムを適用し、**損傷エリアの検出能・損傷の深度推定能の向上**を確認した。新アルゴリズムの検出結果から、小さいうきの検出漏れ・施工時の型枠の凸形状の検出が見られるものの、より**正確に損傷エリアを捉え**、かつ、**剥離の深度推定は、1mm精度**で一致しているものも見られた。

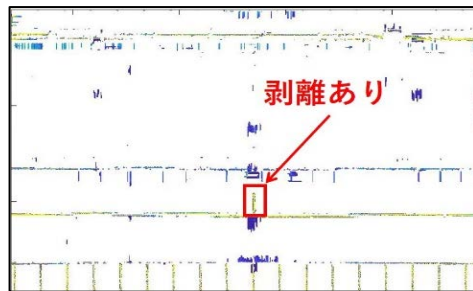


損傷の深度推定能検証 ※ () の値は点検員による検出結果との差

4. 成果の見通し

4-1. 令和2年度の見通し

これまでは、特定のフィールドにおいて、開発した解析アルゴリズムによる損傷のエリア検出能と損傷深度推定能の向上を確認した。今後は、**十分平滑な表面を有するトンネル等にも対象範囲を広げ、有効性を確認**する予定である。



解析アルゴリズムの適用例



剥離の様子



トンネル内現場検証例

	検証フィールド	施工法	表面の状態	実施内容
①	護国寺補修基地	擁壁	十分平滑	解析・現場検証完了（損傷検出性能向上確認）
②	生坂トンネル	NATM工法	十分平滑	計測完了（ノイズ削減確認）・解析中（損傷検出性能）
③	池沢隧道	矢板工法	十分平滑	現場検証予定（有効性検証）
④	橋沢隧道	矢板工法	非損傷由来の凹凸	計測・解析予定（ノイズ削減・損傷検出性能） 現場検証予定（適用可能性検証）

また、下記事項についての検討も併せて実施し、本技術の実運用に向けた検討を行う。

- ・ 準リアルタイム処理のための解析ロジックの最適化…本解析アルゴリズムによる点検時間の削減効果検証
- ・ カタログ掲載に向けた検討…国土交通省道路局「点検支援性能カタログ（案）」への技術掲載検討
- ・ 道路管理者等との意見交換…トンネル管理者のニーズを技術開発に反映させるための検討

4-2. 令和3年度以降の見通し

現場検証を引き続き行い、必要に応じて計測デバイスの調整、前処理および中央処理である開発中のアルゴリズムの改良・組合せなどにより**ロバストかつ高精度な損傷検出**を実現し、**実運用を想定した技術の完成を目指す**。