【046】

レーザースキャナと AI を活用したトンネル点検の効率化

応用地質株式会社　○佐藤　元紀，大塚　弘貴，莖澤　絵理架，張　予坤

1. はじめに

我が国では、高度経済成長期に整備したインフラが今後一斉に老朽化することが見込まれているため、計画的にインフラを維持管理、更新することでトータルコストの縮減や平準化を図ることが求められている。その一つの手法として、社会インフラの状態の効率的な把握を可能とするモニタリング技術の開発と導入が推進されている。トンネル点検において時間とコストを要する変状のスケッチ作業を高精度かつ効率化するために、筆者らは 3D トンネルレーザー計測システム（以下、本システムとする）と AI による自動図化手法を開発した。

2. 3D トンネルレーザー計測システムの開発

本システムの類似技術として走行型計測が開発されているが、道路トンネル点検要領[1)]では交通規制を伴う点検作業が基本となっていることから、走行型計測は通常点検に含まれず、調査費用が別途必要となる。そこで本システムは、以下の点を重視して開発した。

① 三次元点群データを得ることができ、トンネルのアーチや側壁部の変形や路面変位を捉えることができること

② 三次元点群データを活用し、高精度の二次元覆工展開画像を生成することで、変状のスケッチ作業を省略でき、作業の効率化と変状展開図の高精度化を両立すること

③ 点検作業に追従してレーザー計測を行い、点検作業と同時に完了できること

④ 計測機器は一般的なレーザースキャナとし、専用計測車両を用いる走行型計測と比べて安価に計測できること

本システムでは市販のレーザースキャナを使用し、予め計測条件を設定しておくことで、計測における熟練した技能は不要となり、トンネル内で簡易に計測作業が実施できる。また赤外線レーザーを使用していることから、計測時にトンネル覆工面を照らす必要はなく、トンネル照明の逆光も計測の障害とならない。本システムの計測状況を図-1に、計測仕様を表-1に示す。

3. 三次元点群データの計測および AI による覆工展開画像の解析手順

本システムでは三次元点群データを解析し、二次元覆工展開画像を生成する。一般的にトンネル点検で作成される手書きの変状スケッチに比較して、三次元座標を持つ点群データを解析して生成した覆工展開画像の位置精度は高く、また附属物や対策工など変状以外の対象物も記録でき、かつ画像同士を合成する必要がなくシームレスな展開画像を得ることが可能である。さらに、この画像を活用し高精度な変状展開図を作成でき、次回点検時の変状の進行性の確認に有効である。図-2～図-5に計測および解析手順を示す。

図-1 計測状況

表-1 計測仕様[2)]

計測頻度	10m 程度毎に 1 回
測定時間	2 車線道路トンネル 10m あたり 3 分程度
使用時間	最大 5 時間（バッテリー交換可能）
周囲温度	5～40℃
計測条件	トンネル内に濃霧なし 計測器レンズに結露なし
計測器	重量：7.2kg 寸法：幅 1.2×奥行き 1.1×高さ 1.75m 三脚を別途使用
センサー	精度 0.015°　；測定範囲±5°
測定誤差	±2mm（測定距離 25m）

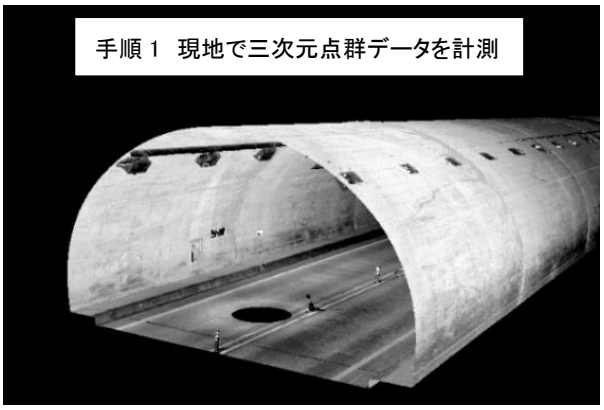

図-2 三次元点群データ例

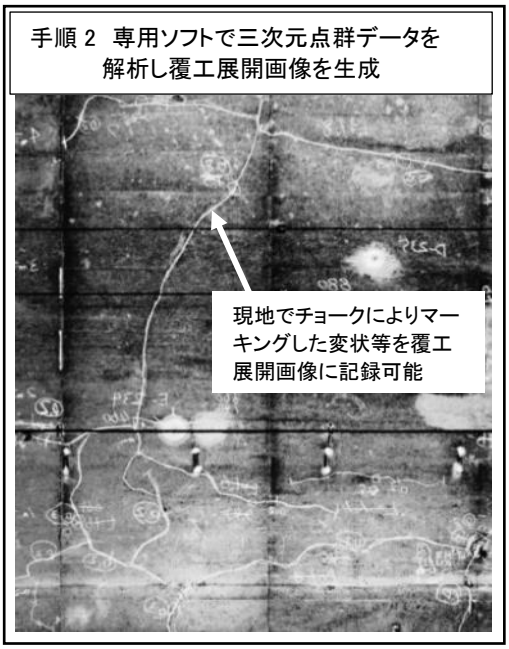

図-3 覆工展開画像生成

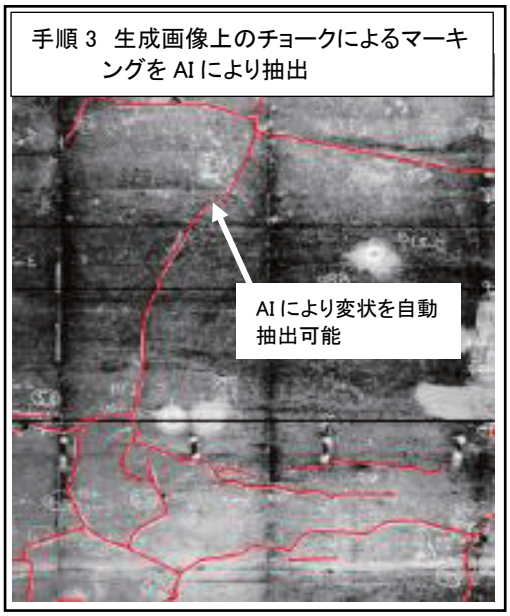

図-4 AI による変状抽出

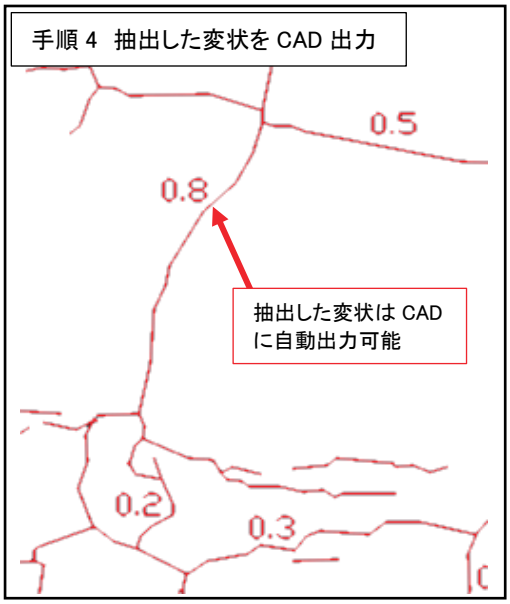

図-5 CAD 出力

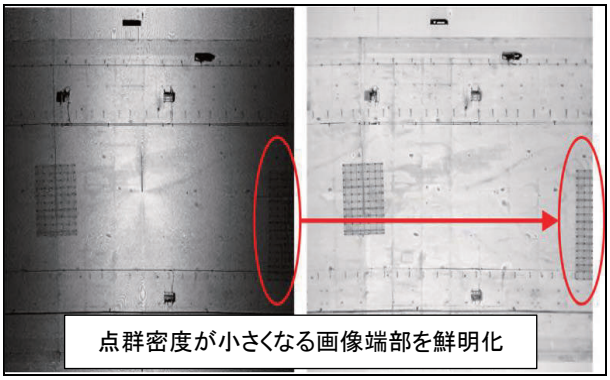

図-6 圧縮センシング技術による画像の鮮明化 [3)]

手順1 トンネル坑内でレーザースキャナを用いて、トンネル覆工および路面の三次元点群データを計測する。計測間隔は10m 程度とし、トンネル全線を計測する。

手順2 専用ソフトで三次元点群データを自動解析し二次元覆工展開画像を生成する。このとき10m ごとに計測した点群を合成する必要はなく、計測回数ごとの画像を生成できる。また画像解析技術の「圧縮センシング技術」を応用し、画像の端部に発生する陰影を補正し、鮮明な画像を取得することが可能である。

手順3 生成した覆工展開画像には現地でチョークによりマーキングした変状が記録されており、それを AI により自動で抽出する。AI には予め変状データの教師ラベルを学習させ、変状（ひび割れ）のみを抽出できる。

手順4 抽出した変状は、覆工展開画像上で強調表示できる。さらに抽出した変状のみを CAD に自動で出力することが可能であり、点検調書（変状展開図）作成を効率化できる。

4. おわりに

レーザースキャナにより計測したトンネルの三次元点群データから高精度な二次元覆工展開画像を生成し、AI により変状を自動図化する手法を開発した。これは熟練した点検員でなくとも作業ができ、トンネルの変状を効率的、高精度に把握することが可能である。今後、検証を深め、より高度なシステムの開発を目指す。

《引用・参考文献》

1) 国土交通省道路局国道・技術課:道路トンネル定期点検要領, 2019.3.
2) 公益社団法人土木学会:3D トンネルレーザー計測システムの開発と計測事例報告, 令和2年度全国大会 第75回土木学会年次学術講演会講演概要集, 2020.9.
3) 応用地質株式会社:News Release トンネル点検を効率化・高精度化する AI システムを開発, 2020.9. https://www.oyo.co.jp/oyocms_hq/wp-content/uploads/2020/09/20200910_news-release_oyo.pdf(確認日:2021.6.4)