
社会インフラ(路面, トンネル, のり面)モニタリングシステム

Infrastructure Condition Monitoring System for Roads, Tunnels, and Slopes

平井 秀明*
Hideaki HIRAI

伊藤 泉*
Izumi ITO

菊地 太郎**
Taro KIKUCHI

辰野 響**
Hibiki TATSUNO

押切 幸治*
Koji OSHIKIRI

要 旨

老朽化インフラの増加と人手不足に直面する中、リコーでは、地域社会に寄り添うインフラ維持管理ソリューションの構築を目指し、画像計測・AI・クラウドを融合した新たな点検技術の実装を進めてきた。本稿では、可搬型およびスマートフォン型による柔軟な道路点検、高精度撮影装置・調書作成支援機能・クラウド連携によるトンネル点検業務の変革、そして「Slope Copier」による新しい土工点検業務フローなど、地域の現実的課題に応える取り組みを報告する。これらの技術は、現場負担の軽減と安全性の向上を両立しつつ、自治体や管理者による持続可能な維持管理体制の構築を支援するものである。技術と現場、データと地域をつなぐこうした取り組みは、安心・安全な暮らしを支える実装的なソリューションとしての意義を持つ。

ABSTRACT

Amidst the challenges of increasing aging infrastructure and a shortage of skilled personnel, we have been developing and implementing new inspection technologies that integrate image measurement, AI, and cloud solutions, aiming to create infrastructure maintenance solutions that are closely aligned with local community needs. This paper reports on initiatives addressing real-world regional challenges, including flexible road inspections using portable devices and smartphones, the transformation of tunnel inspection workflows through high-precision imaging systems, inspection report generation support, and cloud integration, as well as the development of a new earthwork inspection workflow using the Slope Copier. These technologies simultaneously reduce the burden on field operations and enhance safety, supporting municipalities and infrastructure managers in building sustainable maintenance systems. By connecting technology with field operations, and data with communities, these efforts serve as practical solutions that contribute to safe and secure living environments.

* 社会インフラ事業センター
Social Infrastructure Business Center

** DT技術開発センター
DT Technology Development Center

1. はじめに

近年、日本国内の社会インフラにおける老朽化が進行し、構造物の維持管理にかかる社会的コストや人手の負担が深刻化している。とりわけ、道路、トンネル、のり面といった構造物は、災害リスクの直接的要因となり得るため、定期的な点検と迅速な対応が不可欠である。しかし、こうした維持管理業務に従事する技術者の高齢化や人材不足が顕著となり、従来の人手に依存した点検手法では、広域にわたる構造物の管理に限界が生じている。

このような社会課題に対応するため、筆者らは前回の寄稿（RTR No. 45）¹⁾において、高性能カメラとAI画像処理を組み合わせ、道路・トンネル・のり面の変状を効率的かつ網羅的に点検可能とする自動化システムを提案した。そこでは、道路舗装の損傷検出、トンネル壁面の画像記録、のり面構造の変状把握といった点検作業の効率化と省人化を目的とした車両搭載型計測技術の有効性を示した。

その後、これらの技術は運用現場でのフィードバックを受けて改良が加えられ、より多様な点検ニーズへの対応が可能となるとともに、点検作業のさらなる迅速化と高精度化が実現されてきた。本稿では、前回報告からの技術的な進展と社会実装の広がりや踏まえ、地域課題の解決に資する新たな点検技術の適用事例を整理・報告するものである。

第2章では、道路点検技術における可搬型およびスマートフォン型の開発を通じた、小型車両・遠隔地域対応の実現と省力化の取り組みを紹介する。第3章では、トンネル点検におけるクラウド連携による調書作成支援の高度化に関する技術開発について述べる。第4章では、のり面点検における高精度化の実現とAI・点群解析による省人化の推進について実証を踏まえて解説する。最後に第5章では、本技術群の社会実装に向けた展望と今後の展望について触れる。

本報は、技術開発と実装の両面から、地域社会の安全・安心に貢献する維持管理ソリューションの具

体的展開を示し、今後の点検・維持管理業務のデジタル化と効率化を推進するための一助となることを目的とする。

2. 道路点検技術の常設型から可搬型、スマートフォン型への進化

2-1 技術開発の背景と技術変遷の流れ

近年、社会インフラの老朽化と維持管理人員の不足が深刻化する中で、路面の劣化状況を効率的かつ客観的に把握する技術の重要性が高まっている。特に地方自治体においては、道路資産の健全性を的確に把握し、計画的な補修に反映させる仕組みの構築が急務である。このような背景のもと、リコーではステレオカメラを用いた車載常設型の道路点検装置を開発し、その後、可搬型への展開を経て、スマートフォン型のモニタリングシステムの開発に取り組んできた。

Fig. 1に、これまでの技術変遷の流れを示す。前報（RTR No. 45）¹⁾では、車載常設型の活用により、ひび割れやわだち掘れ、IRI（国際ラフネス指数）などを定量的に把握できること、また、AIによるひび割れ自動抽出機能などにより作業負担を大幅に軽減できることを報告した。一方で、撮影装置は車両に常設される構成であり、点検が装置所有者に限定され、装置の持ち出しや広域展開に際して運搬・設置に関わる柔軟な対応が求められるといった、新たな課題も顕在化していた。そこで、可搬型として、従来3台必要だったステレオカメラを1台に集約することで小型化を実現し、一般車両への着脱搭載を可能としたことで、離島や山間部など広域への展開を実現した。さらにスマートフォン型では、汎用端末を活用して初期投資を抑えつつ、自治体職員や住民協働でのデータ収集を可能とし、持続可能な維持管理の仕組みの実現を図った。



Fig. 1 Technological Evolution from Vehicle-Mounted Systems to Portable and Smartphone-based.

2-2 可搬型装置の構成と精度

可搬型装置は、小型・軽量設計により小型車両での運搬や現地での迅速な設置を容易にし、運用の柔軟性を飛躍的に高めた。撮影装置、制御・記録装置はトランクや後部座席に収まる構成とされ、点検対象範囲を生活道路や遠隔地へ広げることにも貢献した。精度面では、従来と同等水準を維持し、土木研究センターの試験に合格した²⁾ほか、性能カタログ³⁾およびNetis（新技術情報提供システム）への登録⁴⁾など、公的な技術認証も取得しており、第三者による信頼性の裏付けが確立された。

2-3 スマートフォン型の構成と性能

スマートフォン型は、車室内フロントガラスに設置したスマートフォンを用いて、走行中にカメラ画像、慣性センサ信号、衛星測位信号を同時取得する構成とした。取得画像は結合処理によりFig. 2に示

すような一車線全幅の輝度画像として再構成され、AI解析によりひび割れ率を算出する。また、三次元復元処理により生成した距離画像から横断プロファイルを抽出してわだち掘れ量を求め、縦断プロファイルと慣性センサデータを組み合わせてIRIや平坦性を導出する。加えて、区画線摩耗やポットホールの検出も可能である。

性能面では、距離測定精度が光学測量機に対して±0.3%以内、わだち掘れ量が±3 mm以内、平坦性測定差異が±30%以内であることを確認した。令和6年度に実施された性能確認試験⁵⁾においては、ひび割れ率の検出率・的中率とも80%以上、わだち掘れ量では検出率・的中率とも90%以上、IRIは検出率が80%以上、的中率が70%以上という結果が得られた。これらの結果から、本システムが車載常設型方式と比較して簡便で可搬性に優れ、地域の実務利用に十分耐え得る技術であることを、性能確認試験および既報⁶⁾により裏付けた。

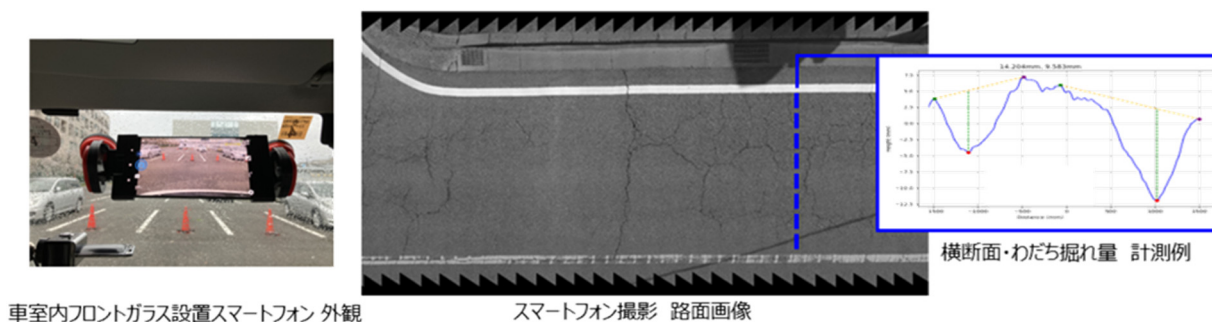


Fig. 2 Configuration and Output Examples of Smartphone-Based Pavement Measurement.

3. トンネル点検技術のクラウド型支援システムによる業務改革

3-1 技術開発の背景と課題認識

トンネル点検は、目視や打音調査といった人手に依存する点検方法が依然として主流であり、調査員の技量に依存する部分が大きいため、作業の標準化や定量化が進みにくいという課題を抱えている。また、業務量の増加に反して技術者不足が深刻化しており、限られた人員で多数の構造物を点検する必要がある中、現場作業の効率化と品質の確保を両立させる新たな手法の確立が急務となっている。

こうした背景のもと、リコーは前報（RTR No.45）¹⁾にて、走行中にトンネル壁面を高精度に撮影する一般車両搭載型の撮影装置を提案し、その有効性について報告した。同報告では、展開画像を用いた変状把握とAIによるひび割れ抽出により、省力化と診断精度の向上が期待できることを示している。

ただし、実運用の中で以下のような課題も明らかとなった。

- ・ 撮影画像を活用した調書作成などの作業は依然として人手中心で、業務全体の効率化に限界がある
- ・ 撮影画像は主にモノクロであり、漏水や変色など一部の変状に対する視認性に限界がある
- ・ 点検後のレビューや社内照査は紙資料に依存しており、情報共有の柔軟性や作業のスピードに課題がある

本報では、こうした実運用上の課題を踏まえ、トンネル点検業務全体の効率化と高度化を支援する新たなシステムの技術的進展について、以下の観点から報告を行う。

- ・ 点検調書の自動作成を支援するクラウド型ツールの開発
- ・ 撮影装置のカラー化による視認性と対象変状の拡張
- ・ クラウドViewerを活用した遠隔レビュー対応と内業工程の合理化

詳細は次節以降で述べるが、これらの技術は単なる作業支援を超え、点検計画から実施・記録・照査までの一連のプロセスを包括的にサポートするものであり、今後の維持管理高度化の一助となると考えられる。

3-2 点検支援システムの構成と技術的特徴

本節では、前節で提示した課題に対する解決手段として構築した、トンネル点検支援システムの構成と技術的特徴について詳述する。

Fig. 3に、トンネル点検支援システムの概略構成図を示す。本システムは、走行中にトンネル覆工面を撮影し、展開画像として高精度に可視化する画像処理と、AIによる変状抽出、調書支援、Viewer表示などのクラウドベース機能から構成される。撮影装置は、被写界深度拡大カメラ（E-DoFカメラ）¹⁾、照明、制御・記録装置などで構成されており、一般車両にも搭載可能なモジュール構成とした。これにより、大型の車両を用いず狭小断面から大断面まで多様なトンネル形状に対応可能となっている。

得られた画像は高解像度のデータを基本とし、微細なひび割れの検出においても高い視認性を実現している。さらに寸法精度にも優れており、経年比較（2時期比較）に向けた基礎データとしての有用性も高い。

撮影画像はクラウドにアップロードされ、AIによる変状抽出が自動的に実行される。抽出結果はCAD変状図に変換され、調書作成支援機能と連携することで、Excel形式やxRoad形式など自治体仕様に応じた調書出力が可能となっている。

また、Webブラウザ上で動作するクラウドViewerを組み合わせることで、非圧縮・高精細な展開画像を明るさ調整や座標ジャンプ機能を用いて効率的に閲覧可能とした。これにより、現地担当者と遠隔地のレビュー担当者が同一の画像情報に基づいて判断を行う分業体制が整えられ、運用の柔軟性と効率が大きく向上している。

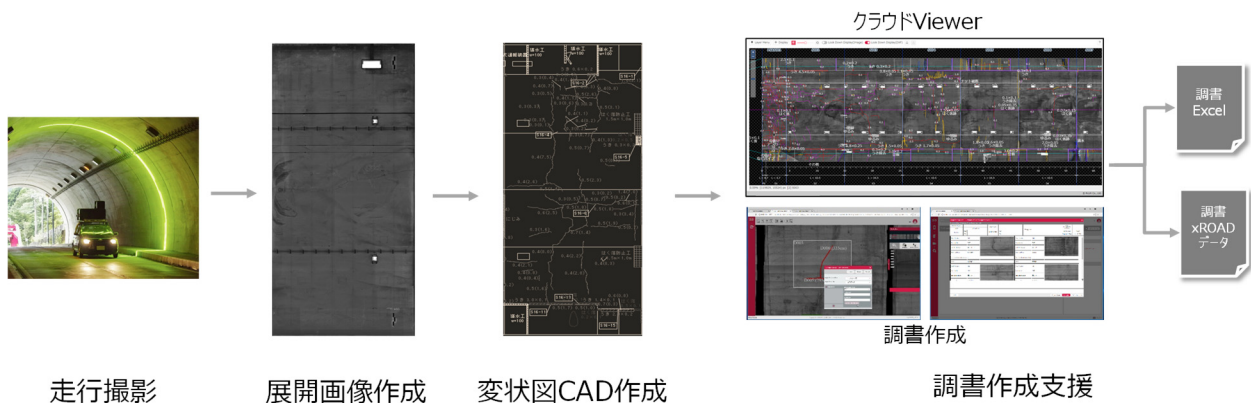


Fig. 3 Overview of the Tunnel Inspection System Configuration.

The system consists of an on-vehicle imaging module, AI-based defect extraction, and cloud tools such as the Cloud Viewer and Report Generator. Arrows show the data flow from image capture to reporting.

さらに、本技術は前報（RTR No. 45）¹⁾にて提案された走行型点検装置を基盤としつつ、調書支援機能の追加、クラウドViewerの実装、装置のカラー化といった明確な技術的進展を遂げている。特にカラー化により、漏水・変色等の変状視認性が飛躍的に高まり、診断対象の多様化への対応力も強化された。

3-3 クラウドViewerと調書作成支援の詳細

本節では、「クラウドViewer」と「調書作成支援」について、その機能構成および活用方法の詳細を述べる。これらは、単なる画像取得にとどまらず、点検業務全体の効率化と品質確保を実現する上で不可欠な技術要素である。

3-3-1 クラウドViewerによる画像閲覧と診断支援

クラウドViewerは、走行撮影によって得られた展開画像をWebブラウザ上で閲覧・操作可能とする画像閲覧支援システムである。Fig. 4に、画面例を示す。非圧縮かつ高精細な画像をクラウド上に表示し、PC性能に依存せず軽快に動作することを特長とする。画像の明るさ調整、スクロールによる拡大縮小、座標指定によるジャンプ機能などを備えており、任意のспан位置に即座にアクセス可能である。とりわけ重要な機能として、CAD変状図の重畳表示が挙げられる。Viewer上では、AI等によって生成されたCAD図を展開画像上に正確に重ねて表示でき、

各変状の位置や周辺状況を視覚的に把握できる。これにより、現地作業者と遠隔地のレビュー担当者との間での情報共有が円滑化し、現地再訪の必要性も低減される。

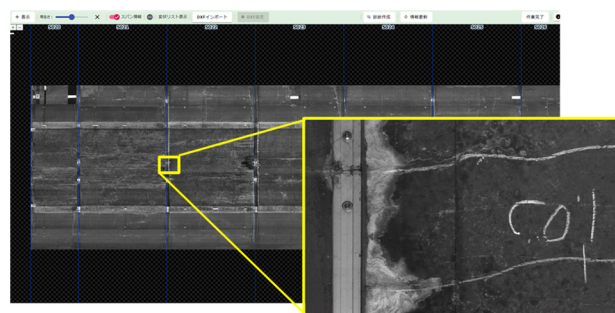


Fig. 4 Example Screen of the Cloud Viewer.

3-3-2 調書作成支援機能による調書出力の自動化

調書作成支援機能は、Viewer上で登録された変状情報をもとに、点検調書や写真台帳の出力を半自動化するクラウドベースのサービスである。Fig. 3に、調書作成支援機能の概略図を示す。診断者は展開画像上で任意の変状箇所を囲み、спан番号や種別、程度などの属性を登録することで、変状診断情報を効率的に記録できる。

出力形式としては、自治体ごとの仕様に応じてカスタマイズ可能なExcel形式およびxRoad形式に対応しており、写真台帳に適合するアスペクト比や画像圧縮も自動処理される。また、画像単体での出力も

可能であり、スクリーン表示や報告資料への活用にも対応する。出力の一時形式はJSONであり、作業内容の保存や再利用にも柔軟に対応している。

3-3-3 展開画像の利活用と運用効果

展開画像の活用は、点検調書作成のみならず、業務全体の省力化と品質向上にも寄与している。従来のデジタルカメラによる撮影と異なり、撮り漏れの防止や画角の統一が容易であるため、調書出力画像の品質が安定しやすい。また、変状だけでなくその周辺環境も一括して把握可能であり、現場再確認の手間やリスクを大幅に低減する。

特に、立入困難な箇所や再点検の難しい場所において、展開画像は重要な判断補助資料となる。これらの機能はすべてクラウドベースで提供されており、ユーザーの端末に依存せず、ネットワーク経由での操作・レビュー・出力が可能であるため、自治体における分業体制や遠隔レビューにも柔軟に対応可能である。

3-3-4 社内レビュー・照査業務のデジタル化と分業体制への展開

本システムのクラウドViewerおよび調書支援機能は、単なる調書作成支援にとどまらず、社内レビューや技術照査（点検結果や調書内容を専門技術者が再確認し、記録の妥当性・整合性を確認する工程）といった付随工程の効率化にも大きく貢献する。従来、変状図や写真台帳は紙媒体に出力した上で確認されることが多く、印刷コストや資料準備の手間、さらには変状箇所の誤認・再確認の発生など、非効率な運用が課題とされていた。

これに対し、本サービスではViewer上で展開画像とCAD情報を重ねて表示できるため、画面上で直感的に変状内容を確認することが可能である。表示はスパン単位で整理され、CAD記号の識別もカラーで明確に示されるため、点検結果の確認・修正を効率的に進めることができる。

また、Web会議システムと連携することで、地理的に離れたレビュー担当者や現地の点検担当者との

リアルタイムな情報共有も実現する。これにより、調書作成前のレビュー精度が向上し、内容の矛盾や記載漏れといった問題の早期発見にもつながっている。さらに、Viewerの操作はノートPC等の一般的な端末で実行可能であり、出張先や非常時の応急対応など、さまざまな業務シーンに柔軟に対応可能である。このように、社内のレビュー・技術照査工程をデジタル化することで、点検工程全体の信頼性とスピードを両立し、遠隔分業型の維持管理体制への移行を現実的な選択肢とする技術的基盤が整いつつある。

3-4 2時期比較による経年変化の把握と点検作業の効率化

本節では、提案システムを用いて実施した2時期比較の実証例を通じて、経年変化の可視化と点検業務の合理化に関する効果を検証する。

3-4-1 経年変化の把握と新規変状の識別

経年変化の把握や新規変状の識別は、異なる時期の展開画像を比較することで、新たに発生した損傷や進行傾向を確認する工程である。

本システムでは、位置精度の高い展開画像とCAD変状図を用いた重ね合わせ処理により、異なる点検時期におけるトンネル覆工面の経年変化を可視化できる。これにより、同一箇所における変状の新規発生や進行性の有無を視認的に把握することが可能となる。

実際の比較例をFig. 5に示す。Fig. 5では、2023年10月にモノクロ撮影装置を用いて取得された画像と、2024年12月にカラー撮影装置を用いて取得された画像を比較対象としている。

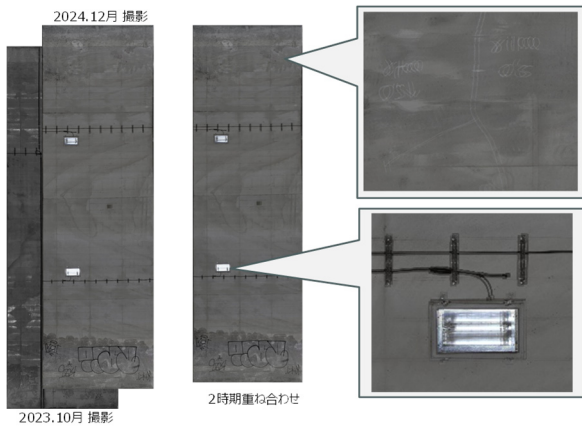


Fig. 5 Field Test for Two-Period Comparison.

両画像は撮影条件が異なるものの、構造物の継ぎ目や設備配置が一致しており、異なる装置・条件下でも位置整合性が確保されることを確認した。これにより、本実証は装置間差があっても2時期比較が成立することを示す結果となった。この結果は、本システムが従来の目視中心の比較よりも高い再現性を有し、長期モニタリングへの適用可能性が高いことを示している。

3-4-2 次回点検への活用と業務効率化

点検時に画像計測を行っておくことは、次回以降の点検作業を効率化する上でも有用である。例えば、過去の展開図や変状線図付きのCADデータを活用することで、点検対象箇所的事前把握が可能となり、点検経路の最適化や作業計画の効率化に貢献する。

特に、従来の人手点検においては、記録が紙図面や手書きメモにとどまっていたケースも多く、再点検時に変状の位置特定や写真の整合性確認に多くの手間が生じていた。本システムでは、撮影位置・方向・撮影範囲が統一された画像が取得されるため、次回点検における事前確認や記録の整合性確認においても高い効果を発揮する。

以上のように、本システムによる2時期比較は、変状の進行管理や点検計画の最適化といった観点からも、将来にわたる維持管理業務の継続性と効率化に寄与する有力な手法であることが確認された。

3-5 まとめと今後の展開

本稿で紹介したトンネル点検技術は、調書作成支援機能やクラウドViewerの導入、撮影装置のカラー化といった一連の進化により、現場作業の効率化と点検精度の両立を実現する新たな点検支援モデルとして具現化されつつある。従来は熟練作業者による現地記録と手作業による調書作成が中心であったが、本システムでは画像ベースでの変状確認、調書生成までを一貫して支援することで、省力化と品質平準化が同時に達成される。

本システムは、国土交通省の性能カタログに新技術として掲載されており⁹⁾、制度面からも公的な信頼性の裏付けを有している。これにより、全国の自治体やインフラ管理者が導入に向けた判断を下しやすくなり、実際に適用される事例も増えている。

また、点検現場の状況や目的に応じた柔軟な活用パターンも確立されている。例えば、点検前にスクリーニング的に撮影を行い、補修対象の選定やリソース配分を最適化するケースや、打音点検後に高精度画像を取得して変状図や調書作成の負担を軽減するケースなど、さまざまな運用シーンに対応可能である。特に現場制約時間の厳しい延長トンネルや、老朽化が進んだ構造物では、本システムの有効性が顕著である。

さらに、クラウドベースのデータ管理と展開画像の蓄積により、将来的にはデジタルツインの実現に向けたインフラ情報の統合管理も視野に入っている。画像とCAD、調書、点群といった複数のデータ形式をリンクさせた空間情報基盤として活用することで、維持管理の高度化と予防保全への移行が可能になる。

4. 土工点検技術の「Slope Copier」による現場作業の代替と高度化

4-1 土工構造物点検における社会的課題と新技術の方向性

道路沿いに数多く存在するのり面や擁壁などの土工構造物は、災害リスクとの関連が深く、その健全性の把握は安全な社会基盤を支える上で不可欠である。しかし、点検・管理の現場には複数の構造的課題が山積している。第一に、対象構造物の数が膨大であり、広域的な点検を一律に実施することが困難である。第二に、のり面点検は多くが狭隘な路肩部や急傾斜地で行われるため、作業員の転落や交通災害といった安全リスクが避けられない。第三に、担い手不足や財政的制約により、既存の近接目視中心の手法を継続することが難しくなっている。

こうした背景のもと、近年では効率化・自動化・遠隔化をキーワードとする新たな点検技術の社会実装が強く求められている。例えば、走行しながら構造物の面的情報を取得するシステムや、AIによる変状検出、クラウドを活用したレビュー・調書作成の自動化、そして経年比較に基づく戦略的な維持管理がその方向性として挙げられる。

本報では、筆者らが開発・実装を進めてきた走行型のり面計測技術「Slope Copier」を取り上げ、その社会実装に向けた実証成果と展開可能性を論じる。特に、前報（RTR No. 45）¹⁾で示した基礎技術を踏まえ、今回は撮影装置の進化、AIによる変状抽出、調書支援、走行型スクリーニング、三次元点群による定量可視化といった応用面の進展に焦点を当てる。これらの技術は、単なる作業の代替にとどまらず、点検プロセス全体の再構築と持続的維持管理への転換を促すものである。

4-2 走行型のり面点検支援システム「Slope Copier」の構成と技術的特徴

近年、土工構造物の維持管理においては、膨大な対象数への対応とともに、作業の効率化と安全性の向上が強く求められている。これらの課題に対し、本稿で取り上げる「Slope Copier」は、撮影装置にとどまらず、計測から画像処理、AI解析、さらには現地点検の絞り込みまでを一貫して担う点検支援システムとして構成されている。

Fig. 6に、「Slope Copier」の概略模式図を示す。本システムは、計測車両に複数の高性能センサを搭載し、対象となるのり面に沿って走行するだけで、カラー画像、点群、位置情報といった多種のデータを同時に取得可能である。特に、5台のカラーラインカメラによって斜面全体を高解像度かつ延長無制限で記録できるほか、レーザースキャナによって三次元点群を生成し、構造物の形状を定量的に捉えることができる。また、RTK-GNSSとIMUを併用することで、2 cm精度の空間位置計測が実現され、画像・点群との厳密な位置同期が可能となっている。

取得されたデータはクラウドにアップロードされ、所定のAIアルゴリズムによってひび割れなどの変状が抽出される。これらの結果は、専用のビューア上で可視化され、技術者はオフィスに居ながらにして、対象範囲の全体像を俯瞰しつつ、必要な箇所を詳細に確認することができる。こうした画像処理と遠隔確認の仕組みにより、現地点検は変状が疑われる箇所に限定され、人的リソースの効率的な活用が可能となる。

従来、土工構造物の点検は近接目視を前提とし、対象ごとに現地調査を実施する必要があったが、「Slope Copier」を用いることで、点検プロセスそのものを再設計することができる。すなわち、現地での全件対応から、画像に基づく事前スクリーニングへと重点が移り、画像解析後に必要最小限の現地作業を行うという、段階的かつ効率的なワークフローが構築される。

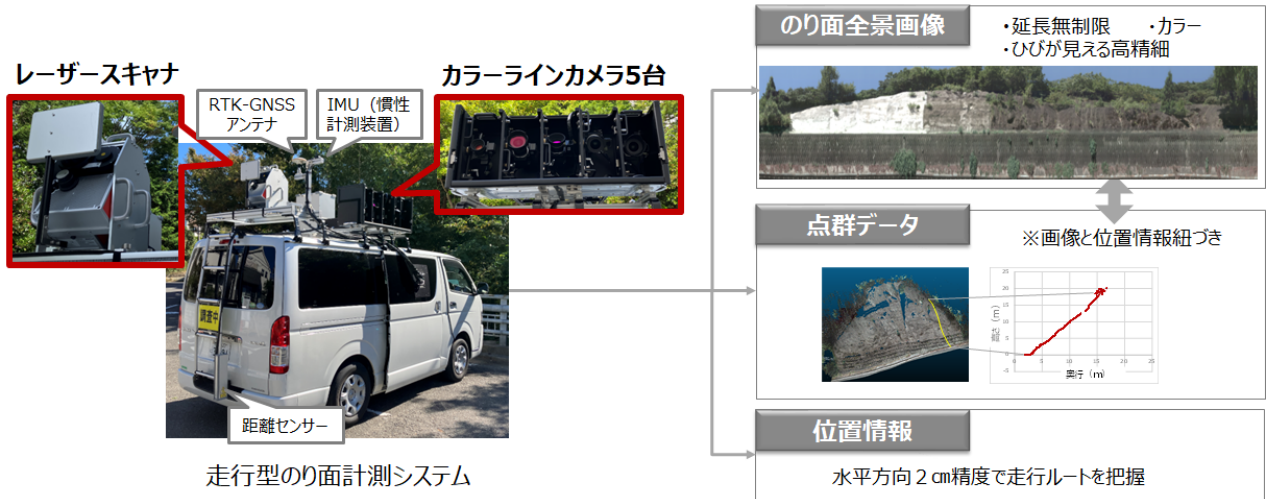


Fig. 6 Schematic Overview of the “Slope Copier” System.

さらに、取得された画像および点群データは、調書作成や修繕計画への活用はもちろん、次回点検時との比較記録としても有用であり、5年ごとの定期点検における変状進行の把握や補修優先順位の判断にも資する。

このように、「Slope Copier」は、現地計測、画像処理、AI解析、現地点検箇所の選別、報告出力までを一体化した点検支援システムとして、限られた人材・予算下での社会インフラ維持管理に対する実用的な解決手段を提供するものである。

4-3 「事務所を現場に」——のり面変状を把握する新たな点検スタイル

従来ののり面点検は、現地での近接目視と記録作業が不可欠であったが、地理的制約や安全確保、人的リソースの限界から、その継続的な運用が困難になりつつある。本節では、「Slope Copier」を用いて取得された画像・点群データを活用し、事務所に居ながら現場の変状を把握・評価できる点検スタイルを紹介する。

「Slope Copier」により撮影された高精細なカラー全景画像は、Fig. 7に示すように、クラウド上の専用Viewerを通じてWebブラウザで閲覧できる。



Fig. 7 Full-View Color Image.

Viewerは、起終点や抽出箇所を視覚的に表示し、拡大操作でひび割れなど微細な損傷の確認も可能である。AIによって自動抽出された変状候補は赤枠で示され、技術者は精査のみを行うことでスクリーニングが成立する。人とAIの役割分担により、効率と精度を両立する点検フローが確立されている。

加えて、同時取得される点群データにより、変状の深さや傾斜、断面形状などを補完的に解析できる。画像だけでは把握しきれない構造的異常に対しても、定量的な判断が可能となる点が大きな特長である。

これらの処理はすべてクラウド上で完結し、拠点間のレビューや同時操作も容易である。結果として、「Slope Copier」は、従来の点検様式を刷新し、「事務所での確認を現場に匹敵させる」新たな運用モデルとして、インフラ管理の即時性・信頼性・再現性を飛躍的に高めている。

4-4 走行型計測による広域スクリーニングの実証と地域実装の可能性

地方部ののり面点検は、広域化と災害リスク増大により、その維持管理に深刻な課題を抱えている。こうした状況を受け、群馬県では2025年3月に「Slope Copier」による実証実験が行われ、DX技術の実効性が確認された。

「Slope Copier」は、走行しながらのり面の高精度カラー画像と3D点群を取得し、それらをクラウドに集約する。遠隔から変状確認・健全度評価・調書出力までを一貫して行える仕組みを備えている。本実験では国道462号1.3 km区間を対象に走行計測を行い、のり面12箇所を抽出した。

特にひび割れの集中が認められた1箇所では、「はらみだし（壁面が外側へ膨らむ変状）」の兆候も点群データにより定量的に可視化され、新たな危険箇所として明確に抽出された。また、抽出箇所のうち6箇所は現地点検の省略が可能と評価され、画像による事前選別の有効性が実証された。

作業工程においても、走行撮影は半日、変状解析と評価も短期間で完了し、従来手法と比較して大幅な効率化が達成された。斜面数が増えるほど効果が

高まり、広域管理への適用性が確認された点も重要である。

本実証は、単なる技術実験にとどまらず、点検プロセス全体の再設計を提案するものである。Fig. 8は本実証の中で提案した点検プロセスである。従来点検プロセスは、現地での近接目視点検と記録、健全性診断、調書作成まですべて点検作業による手作業で行われる。一方で提案プロセスは、現地での①走行計測から始まり、事務所にて道路沿いデータからのり面部分を抽出、のり面の画像・3D点群を作成し、②AIを利用して変状抽出を行う。それらの画像や変状が登録されたシステムを用い、土木分野の専門家（協業先）が健全性診断を行う。この健全性診断を根拠とした③スクリーニングを行い、④目視点検の要不要を判断する。健全度の高いのり面は近接目視を省略、現地での点検が必要なのり面・範囲は④従来通り近接目視を行うプロセスとする。

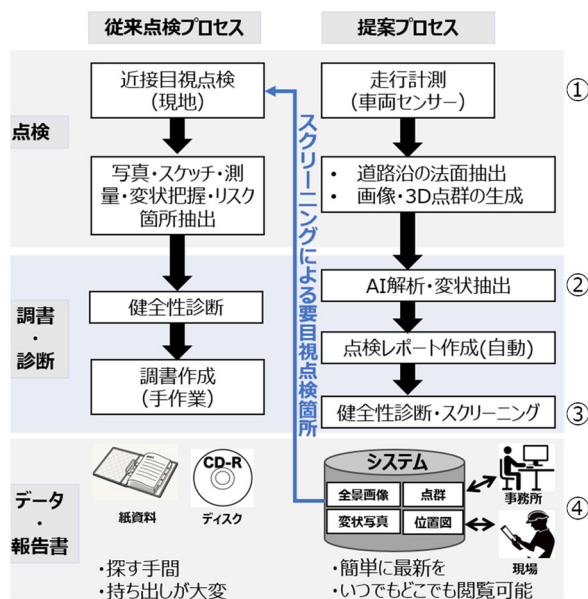


Fig. 8 Figure Illustrating the Inspection Process.

この提案プロセスにより、点検時間を約50%短縮し、現場立入を最小化できた。効率性と安全性、客観的なデータ管理を両立する点で、持続可能な点検モデルの基盤となり得る。

4-5 局所的な変状評価の高度化事例

続いて、一つの対象構造物に着目した局所的な変状評価の高度化事例として、一般国道6号沿いの擁壁に対する応用を紹介する。対象としたのは、自動車専用道路に面した大型擁壁である。近接目視により壁面の「はらみだし」が懸念されていたが、安全確保上の課題や視認範囲の制約から、変状全体の把握と定量評価には限界があった。こうした状況を踏まえ、「Slope Copier」による走行型の画像・点群取得を通じて、構造全体の三次元形状と表面状態の高精度可視化を試みた。

計測は2024年9月18日に実施され、わずか約30分の走行計測により、斜面全体の高解像度カラー画像と3D点群を同時に取得した。得られた点群データに基づき、複数断面の垂直プロファイルが抽出された。Fig. 9(a), Fig. 9(b)に示すように、これらの断面図では、理想的な直線勾配（赤線）と実際の壁面輪郭（黒線）を比較することで、中央部に最大約6 cmの膨らみがあることが明確に可視化された。これは、従来の目視点検による「はらみだし懸念」を、客観的なデータとして裏付ける結果となった。

さらに、複数の断面にわたって勾配角度を算出・比較したところ、膨らみの程度が橋梁に近い側ほど顕著であることが判明した。これは、上部の庭石配置や橋梁からの荷重が壁面に加わる構造的影響を受けている可能性を示唆しており、点検結果から補修設計へのフィードバックを行う上で重要な知見となった。

また、壁面全体の平面からの変位量を色分けで示した図（Fig. 9(c), Fig. 9(d)）により、対象擁壁の変形傾向を一目で把握することができた。このようなビジュアル化は、点検成果の記録・報告において第三者への説明性・共有性を高めるツールとして機能し、客観的かつ戦略的な維持管理を支える情報基盤となる。

この一連の取り組みから得られた技術的成果は、以下の点に要約される。第一に、現場立入なしで安全かつ短時間に変状データを取得できるため、作業者の安全性が飛躍的に向上すること。第二に、従来

の目視による印象評価に替わり、角度・距離といった定量的評価指標が得られるため、診断精度が向上し、再現性・比較性が高まること。第三に、得られた点群データは将来的な経年変化の定量比較にも活用可能であり、予防保全的視点からの維持管理にも有効な記録形式となることである。

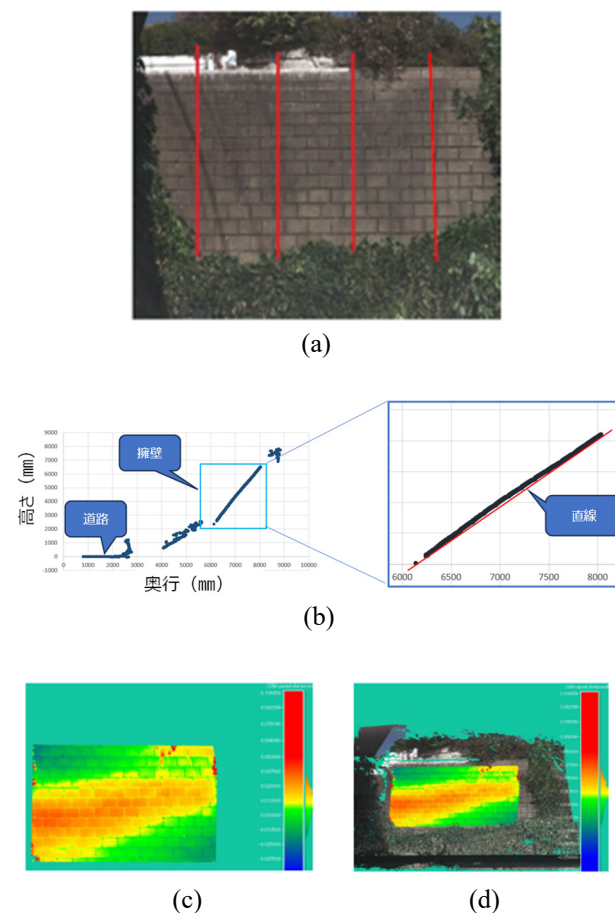


Fig. 9 Cross-Sectional Displacement Evaluation of the Retaining Wall.

(a), (b): Vertical profiles showing bulging deformation.

The red lines in (a) indicate the locations where the longitudinal profiles were extracted.

(c), (d): Color-coded map indicating displacement magnitude across the wall surface.

These figures quantitatively illustrate the outward bulging (“haramidashi”) of the wall, confirming the previously suspected deformation.

このように、本節で紹介した事例は、「多くを速く点検する」というスクリーニング的活用に加えて、

「一つの構造物に着目して、確度高く深掘り評価する」という重点診断への展開可能性を示している。

「Slope Copier」は、点検工程の上流から下流までを一貫して支援できる柔軟な情報取得・可視化プラットフォームとして、今後ますます多様な現場課題に対応していくことが期待される。

4-6 まとめと今後の展開

本章では、「Slope Copier」を中核とする新たな点検アプローチを紹介し、実地検証によりその有効性を明らかにした。「Slope Copier」は、高精細カラー画像・3D点群・位置情報を同時取得し、AIによる変状抽出や調書作成まで一連の作業を遠隔で支援する統合システムである。

本技術の導入により、点検作業の効率化（省力化・短時間化）、安全性の向上（非接触・非対面化）、客観記録の蓄積（画像・点群・変状抽出の可視化）が実現された。さらに、点検対象のスクリーニングによる重点化、データを通じた経年変化の把握も可能となり、維持管理の質が大きく向上する。

本技術はすでに性能カタログに掲載され⁷⁾、制度的な信頼性も確保されている。今後は、災害直後の緊急確認や老朽化インフラの優先管理など、さまざまな作業シーンに応じた適用が見込まれる。また、画像・点群の蓄積を生かしたデジタルツイン基盤の整備や、点検業務の標準化・自動化といった分野にもつながる技術である。

限られた予算と人材の中で持続可能なインフラ管理を実現する手段として、「Slope Copier」は現場を

事務所に引き寄せる技術としての役割を果たしつつ、次世代の点検スタイルの確立に貢献し得る。

5. まとめと今後の展開

本稿で取り上げた技術群は、道路、トンネル、のり面といったインフラ要素に対して、効率的かつ安全な維持管理の新たな選択肢を提示するものである。これら構造物は地域社会の生活・物流・防災と密接に関わっており、その健全性の確保は社会全体の安心に直結する課題である。

とりわけ、近接目視や現場立入を前提とした従来の点検方法は、人手不足や高齢化が進行する中では持続が困難であり、作業の安全性確保という面でも限界を迎えている。こうした状況下で、走行型のり面計測技術「Slope Copier」や、トンネル内の展開画像・3Dデータの活用、さらには道路損傷のAI解析技術は、非接触・非対面・短時間・高精度を実現し、点検作業そのものの在り方を見直す契機となっている。

これらの技術は、単に現場作業を置き換えるだけでなく、事務所での遠隔確認やAIによる自動抽出、変状の定量化、調書作成の効率化といった一連のワークフローを通じて、人とデータが共に働く新たな点検プロセスを形成している。結果として、地方自治体やインフラ管理者が限られたリソースの中で安全・高品質な管理を継続できる基盤を提供している。



Fig. 10 RICOH AI Vision Transformer Service (Under Development).

さらに今後は、Fig. 10に示す「RICOH AI Vision Transformer Service」のように、一般車両のドライブレコーダー映像やスマートフォン等から得られる大規模に蓄積された走行画像（ビッグデータ）と、道路点検や計測のために意図して撮影される画像（点検データ）のいずれもAI解析の対象として活用する仕組みが検討されつつある。このように、日常走行から得られる大規模な走行画像と、点検目的で計画的に撮影される画像の双方を用途に応じて活用できるようになることで、既存の画像資産を最大限に生かしつつ、日常走行の中から点検情報を得る分散型・常時型の観察モデルと、現場での計画的な点検を柔軟に組み合わせた、より実用的で拡張性の高い維持管理モデルが期待されている。

これらの取り組みは、インフラ点検の即時性・信頼性を向上させると同時に、データの蓄積と活用を通じて、地域内での知識循環や人材育成を促進する社会基盤の整備にもつながる。点検が変われば、管理が変わり、地域の未来が変わる。技術と現場、地域とクラウドをつなぐこうした新しい点検スタイルは、持続可能なインフラ社会の実現に向けた有力な道筋となるだろう。

参考文献

- 1) 平井秀明ほか: 高性能カメラと画像解析による道路インフラ点検の効率化, *Ricoh Technical Report*, No. 45, pp. 28-37 (2023).
- 2) 一般財団法人土木研究センター: 2024年度路面性状自動測定装置性能確認試験実施案内, <https://www.pwrc.or.jp/2024romensiken.html> (2024-04) (入手2025-08).
- 3) 国土交通省道路局: 可搬式路面モニタリングシステム, 点検支援技術性能カタログ (舗装分野), pp. 1-12 (2024).
- 4) 株式会社リコー: 一般車両搭載型トンネル点検システム, NETIS登録番号KT-190062-A, <https://www.netis.mlit.go.jp/netis/pubsearch/details?regNo=KT-190062-A> (2019-11) (入手2025-08).
- 5) 国土交通省道路局: スマートフォン式路面モニタリングシステム, 点検支援技術性能カタログ (舗装分野), pp. 1-12 (2024).
- 6) 国土交通省道路局: リコートンネル点検, 点検支援技術性能カタログ (トンネル画像計測技術), 資料番号TN010007, pp. 1-4 (2025).
- 7) 国土交通省道路局: リコー土工点検: Slope Copier, 点検支援技術性能カタログ (土工構造物分野), pp. 1-5 (2023).
- 8) 株式会社リコー: AIと画像技術を活用した土木インフラ点検の新ソリューションを開発, https://jp.ricoh.com/-/media/Ricoh/Sites/jp_ricoh/release/2025/pdf/0731_1.pdf (参照2025-07-31).