

41. 次世代社会インフラ用ロボット導入に係る 定期点検業務における変状等の自動抽出に向けた検討について

国土交通省総合政策局 公共事業企画調整課

○ 川口 貴大
渡邊 賢一

1. はじめに

我が国の社会インフラの維持管理をめぐっては、老朽化の進行、現場の担い手不足等が喫緊の課題となっている。国土交通省では、より効果的・効率的なインフラ点検・災害対応を実施するために、社会インフラ用ロボットの現場導入を推進してきた。

道路構造物に関しては、その急速な老朽化を背景に、道路法施行規則の一部を改正する省令及び道路トンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示が平成26年に公布、施行されたことで、道路トンネルや道路橋等の定期点検は近接目視により5年に1度の頻度で行い、その健全性を段階的に評価することとなった¹⁾。

平成30年度は、点検の一巡目が終了することで、社会資本整備審議会道路分科会道路技術小委員会において定期点検要領改定の議論がなされたところであり、平成31年2月に道路橋定期点検要領が改定され、同年3月に道路トンネル定期点検要領が改定されたところである²⁾。

その結果、インフラ点検用ロボット等「点検支援技術」の活用が可能となり、点検記録用の写真を取得する作業を支援する環境が整備された。

本稿では、点検支援技術の導入に向けた取組を整理した上で、インフラ点検業務の更なる効率化に向けた取組を紹介する。

2. 点検支援技術の活用に向けた環境整備

2.1 経緯

国土交通省及び経済産業省は、社会インフラ用ロボットの開発・導入分野を明確化する等、実用化に向けた方策を検討するため、平成25年に「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会」を共同設置し、現場ニーズと技術シーズ等の検討を経て、「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入重点分野」として5分野（橋梁維持管理、トンネル維持管理、水中維持管理、災害調査、応急復旧）を策定した。これを受け、国土交通省に「次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会」を設置し、性能評価指標を策定するとともに、公募に基づく現場検証に取り組んできた³⁾。

平成28年度より2年間にわたり実施した現場検証の結果を踏まえて、インフラ点検用ロボット等の活用手法として、ひび割れ等の変状等を判断できる点検記録用の写真を取得するとともに、写真より損傷図を作成することによる、点検記録作成支援の実現を目指すこととした。このような活用手法により、現地でのチョーキングやクラックスケールを用いた計測を簡略化でき、人の作業を効率化するとともに、交通規制による損失時間を削減することが期待される。

これらを実現するためには、実際の現場で点検を行う技術者が、点検要領に基づき抽出すべき変状等を写真から正しく認識できることを検証し、点検支援技術に求める性能を整理する必要がある。

そこで、インフラ点検用ロボット等の品質を評価する具体的な指標を設定し、道路管理者が求める品質とされるにはその指標をどの程度達成すべきかについて、定量的な水準を設定した。そこで、平成30年度はその評価指標を公表し、技術公募を行った^{4) 5)}。

2.2 性能カタログ、ガイドラインの整備

一方、定期点検要領の見直し過程において、インフラ点検用ロボット等は「点検支援技術」（図-1）として「必要な知識及び技能を有する者」が対象部位・部材・範囲や使用の目的を判断したうえで、定期点検に活用出来るという方向性が示された。



図-1 点検支援技術の例

そのため、点検支援技術を点検業務で積極的に活用出来る環境を作るためには、その性能を総覧できる「カタログ」が必要であった。

そこで、国土交通省では上記を踏まえた点検支援技術の性能を示す標準的な性能評価項目を策定した上で、その開発者から現場検証等を通じて提出された性能値を記載した「点検支援技術 性能カタログ (案)」を整備するとともに、定期点検業務等において受発注者が点検支援技術を活用する際に、技術を選定し点検業務内で活用するまでの業務プロセス等を「新技術利用のガイドライン (案)」にとりまとめた。

3. 更なる点検業務の効率化に向けた取組

3.1 点検業務に残る課題

点検支援技術等の活用環境整備により、現場で点検記録写真を取得する作業は省力化が可能となった。その一方で、点検支援技術等を用いて取得した写真の取扱いには注意が必要である。

点検支援技術等によって得られる高精細な写真は、画角が狭く撮影場所を理解しにくく、単純に写真を蓄積していくだけでは膨大な写真の整理だけに内業の工数を要する恐れがある。また、構造物の変状等を抽出する作業は、点検写真と過去の点検成果等をもとに人手で行う必要があり、この作業の効率化には至っていない。

膨大な写真の整理手法の一つとして、点検写真から点検対象物の全体構造を示す3次元モデルを作成し、変状等の経時的な変化を把握出来るビューアを用いて管理する手法がある。

また、点検写真から構造物の変状等を抽出する作業の効率化手法として、人工知能 (AI) を用いた変状等の自動抽出に関する検討を進めている。

3.2 3次元納品マニュアル (案)

点検支援技術により取得した写真を3次元モデル上に配置するために必要な、位置情報等のデータをメタデータとして付与する等の納品ルールを定めることで、3次元モデルを自動生成することが可能となれば、膨大な写真の整理にかかる作業を減らすことが期待される (図-2)。

また、同一箇所の写真を定期点検実施の度に重ね合わせていくことで、3次元モデル上で変状等の経年変化を容易に把握することができ、点検成果の品質確保や技術者の判断への貢献も期待される。



図-2 3次元成果物を用いた調査整理のイメージ

そこで、3次元モデルを作成可能な成果品の納品方法を示す「点検支援技術 (画像計測技術) を用いた3次元成果品納品マニュアル (トンネル編/橋梁編) (案)」を平成30年3月に整備した。平成30年度は、本マニュアルを活用した現場実証を、性能カタログ等ととりまとめるために行った現場実証の中で行い、その結果を踏まえ平成31年3月に本マニュアルを改定した。本マニュアルで規定している納品物を表-3に、納品物と既存の点検調査との対応イメージを図-3に示す。

表-3 3次元納品マニュアルの規定 (橋梁編より作成)

納品物	説明	データ形式
点検写真	ロボット取得した生写真であり、損傷が完全に把握できる精度を有するもの	TIFF, RAW等非圧縮または可逆圧縮形式を基本とするが、その他も選択可能
メタデータ	点検写真を3次元空間上へ配置するために必要な、位置・時間や損傷情報等を記載した情報	・点検写真中心座標 ・カメラ中心座標 ・点検写真の角度 ・写真寸法 上記等を示すCSVファイルを作成
損傷抽出方法を示す文書	点検支援技術の使用機器や選定理由、損傷を自動抽出するか等を示す文書	任意の文書ファイル形式
損傷形状モデル	損傷の位置、形状等が把握出来るよう、点検写真や3Dモデルに付加した損傷情報	・3D形状モデル ・レイヤー構造写真 ・従来の損傷図



図-3 3次元データ納品物と点検調書との対応イメージ

上記の規定に従って撮影した写真は、空間上のどこに位置しており、どの方向を向いているのがメタデータとして記述されているため、大量の写真をつなぎ合わせることで一つの構造物を再現する3次元モデルを作成することが出来る。ここに点検技術者が記録した変状等を重ねることにより、構造物全体を俯瞰しながら3次元上で変状等が確認出来る。

しかし、平成30年度の現場実証では、3次元モデルを作成するために必要な点検写真は取得出来た一方で、メタデータを有する損傷形状モデルを作成することが出来なかった。これは、点検写真に求める要求性能(1画素あたりの実世界の長さや画角等)を規定しておらず、写真から変状等が抽出出来なかったためである。

そこで、点検写真の精度を管理するため、その撮影条件についてもまとめることとした(表-4)。

表-4 橋梁点検で推奨する撮影条件(橋梁編より抜粋)

幅0.1mmのひび割れを検出する場合、0.3mm/画素以下を推奨する。 カメラに応じて撮影範囲(視野サイズ)を決定する必要がある。 長手方向の視野サイズ(mm) = 長手方向のカメラ画素数 × 0.3 mm 縦方向の視野サイズ(mm) = 縦方向のカメラ画素数 × 0.3 mm		
	仕様	留意点
カメラ機種	ミラーレス一眼カメラを推奨	安定した高画質を確保するために必要
ラップ率	オーバー・サイド30%以上を確保	平面展開図への合成処理時に必要
撮影角度	正対を原則とする	環境条件によって概ね10度までを推奨
撮影時の調整事項	試撮を行い、現場条件に応じて設定を確認・調整し撮影・記録する	手ブレ等を起こさないように安定した撮影が必要

今後、定期点検業務等を通じて取得したデータを用いた3次元モデル作成の検証を行い、本マニュアルの見直しを行うことで、このような3次元モデルを活用した点検業務の高度化を目指す。

なお、このようにして撮影した高精細な写真は、写真のみから変状等を確認出来るため、後述する人工知能開発のための教師データを作成する際の元になる写真として使用することが出来る。

3.3 人工知能技術活用の検討

現在は、点検支援技術等を用いて取得した大量の写真から、人手により変状等を抽出する必要があるが、将来的には人工知能(AI)を活用して変状等を自動抽出することにより、点検記録の作成に必要な人の作業を支援することが出来ると考えている。点検の流れの将来像について、図-3に示す。



図-3 点検の流れの将来像

ここで、変状等の自動抽出に用いるAIとしては、以下を想定している。まず、従来の点検では人が構造物を近接目視し、その視覚情報(入力)を頼りに点検要領(ルール)に基づき点検記録(結果)を作成していた。この流れをAIで実現する場合、点検で取得した写真(入力)と点検技術者が判断した点検記録(結果)から、AIが点検技術者の暗黙知やノウハウを学習するための教師データを用意し、これをもとにAIが個別に有するアルゴリズム(学習モデル)により学習させる。ルールを学習したAIは、入力から結果を推論できるようになるため、

変状等を自動抽出が出来るようになる。

このようなAIの開発を行い、高精度な自動抽出が出来るAIへと成長させていくためには、AIに学習させるための教師データを大量に準備する必要がある。そこで、教師データの整備をまずは協調領域として国が行うことで、民間のAI開発を支援することが出来ると考えている。

教師データを作成するためには、点検で取得した写真のどこに変状等があるかを写真上にタグ付け（アノテーション）し、AIが学習しやすい写真にリサイズするという処理が必要になる。図-3で示した技術開発や調書作成に関する部分を図-4に具体的に示す。

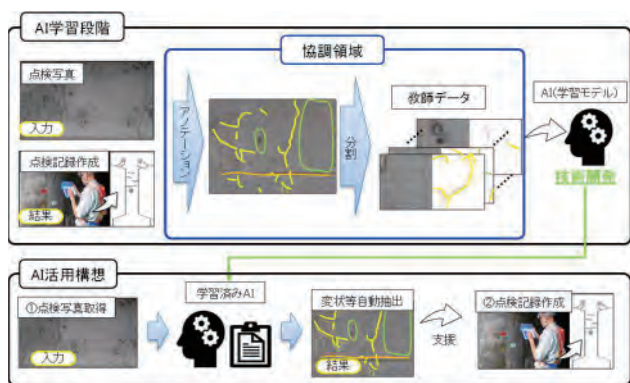


図-4 AI 学習に必要なデータと AI 活用のイメージ

そこで、国土交通省では、教師データを作成し、これをAI開発者へ提供しAI開発を支援するとともに、開発されたAIの性能評価等を行うことを目的に「AI開発支援プラットフォーム」の設立を検討している（図-5）。

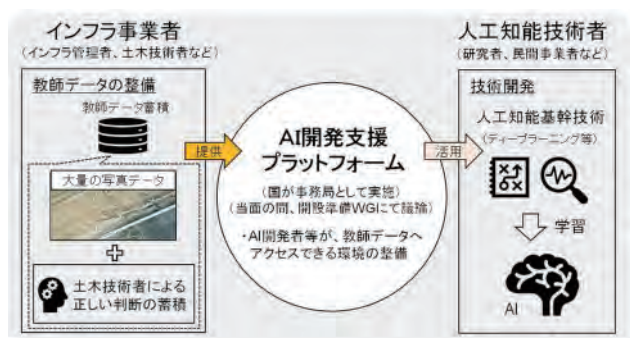


図-5 AI 開発支援プラットフォームの位置付け

本プラットフォームの設立に先立ち、良質で効率的な教師データ整備のあり方や、点検に関するデータの取得・保存・分析・活用を円滑に行うデータ基盤のあり方の検討等を行うために「AI開発支援プラットフォームの開設準備ワーキンググループ」（以下AI-PF準備WG）を設置⁶⁾し、検討を進めている。

第1回のAI-PF準備WGは平成30年11月27日

に開催し、教師データとする元写真に求める仕様やアノテーションの仕様を検討してきた。第2回は令和元年7月16日に開催し、教師データ提供に関する規約の検討や、今後の教師データ提供・プロトタイプAI開発に向けたスケジュールの共有を行った。

また、今後AIの開発や精度向上を目指し、点検業務の高度化を推進していくためには、より多くの写真等を蓄積していく必要がある。そのため、点検支援技術の技術進展を踏まえた構造の撮り方を検証し、適宜前項で述べた「点検支援技術（画像計測技術）を用いた3次元成果品納品マニュアル（トンネル編／橋梁編）（案）」にフィードバックして行くことも必要となる。

4. おわりに

建設技能労働者数が減少し、老朽化が進むインフラを数多く抱える我が国においては、既存のインフラを効果的、効率的に維持管理していくことが重要である。

点検支援技術等の様々な次世代社会インフラロボットが市場に現れ、インフラ点検における人の作業の支援が図られる中、本稿で述べた取組は、このようなロボットにAIを取り入れ、人の判断も支援することを可能にするための環境整備である。

本取組を継続していく上でも、常に民間の技術シーズや現場のニーズの動向に注目しながら、国として着手すべき協調領域を適切に見極め、新しい技術の社会実装等によるインフラ維持管理のさらなる効率化に貢献して参りたい。

参考文献

- 1) 道路の維持修繕に関する省令・告示の制定について（平成26年4月2日記者発表）
<https://www.mlit.go.jp/common/001034659.pdf>
- 2) 道路の老朽化対策
<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobohozen.html>
- 3) 次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_fr_000024.html
- 4) 道路トンネル点検記録作成支援ロボット技術に関する評価指標を公表し、技術公募を行います（平成30年7月19日）
<https://www.mlit.go.jp/common/001245608.pdf>
- 5) 道路橋点検記録作成支援ロボット技術に関する評価指標を公表し、技術公募を行います（平成30年8月24日）
<https://www.mlit.go.jp/common/001250028.pdf>
- 6) AI開発支援プラットフォームの開設準備WGの設置（平成30年7月27日記者発表）
<https://www.mlit.go.jp/common/001247205.pdf>