

## 39. 点検支援技術の定期点検への活用に向けて

国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 ○ 松村 潤  
渡邊 賢一

### 1. はじめに

道路トンネルや道路橋等の道路構造物については、平成26年7月より健全性を診断するため、5年に1回の頻度で近接目視を基本とする点検（以下、「定期点検」いう）が実施されている。

平成30年度は、定期点検の一巡目が終了することから、国土交通省では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点検要領改定の議論がなされ、平成31年2月に定期点検要領が改定された<sup>1)</sup>。

定期点検要領の改定では、「新技術の活用による効率的な点検」がポイントの1つとして挙げられ、近接目視による点検を基本としつつ、点検を実施する技術者が近接目視による場合と同等の健全性の診断を行うことができる場合に、新技術の活用による状態の把握が可能となり、インフラ点検用ロボット等「点検支援技術」の導入を促進することで、定期点検の効率化が期待される。

本稿では、点検支援技術の定期点検への活用に向けた環境整備、国の定期点検の現場で先行的に活用したフィールド試行について報告し、点検支援技術の更なる活用に向けた取り組みを紹介する。

### 2. 点検支援技術の活用環境整備

#### 2.1 定期点検への活用に向けた経緯

国土交通省では、開発・導入を促進するインフラ点検用ロボットの現場検証及び評価を行うことを目的に、平成26年2月に「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、現場検証委員会での議論を踏まえてインフラ点検用ロボット技術に関する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と評価を行ってきた。

平成28年度からの2か年にわたり実施した現場検証の結果を踏まえ、現時点でのインフラ点検用ロボットの技術水準で活用できる方法は、点検記録の作成支援（点検支援）に用いることにした。

点検支援技術は、写真を撮影するドローンや走行しながら画像を取得する車両等を用いて点検記録用の画像作成を行うもので、画像からひび割れ幅や長さを計測できれば、ソフトウェアを用いて机上で損傷図に転記することができることから、

現地でのチョーキングやクラックスケールによる計測が省略でき、交通規制の縮減が見込まれる。

これらを実現するため、道路管理者が要求する品質について、品質を定義する項目とその具体的な良否を規定する考え方（評価指標）と、評価指標に対して達成すべき定量的な水準（要求水準）を設定し、それぞれの点検支援技術がどの程度実現できるかについてとりまとめ、性能評価指標として公表した<sup>2)3)</sup>。

定期点検要領の改定に向けた過程で、点検支援技術は、「点検に必要な知識及び技能を有する者」が点検の対象部位・部材・範囲や使用目的を判断したうえで、定期点検に活用できる方向性が示されたことから、公表された限定的なユースケースに基づく性能評価指標だけでは、十分な対応ができなくなったため、点検技術者が目的に応じて適切な点検支援技術の選定が判断できる「カタログ」のような性能を示す資料が必要となった。

そこで、点検支援技術を円滑に活用できるように、活用に向けたプロセスを整理し、定期点検要領と合わせて活用できる参考資料として、「新技術利用のガイドライン（案）」と「点検支援技術性能カタログ（案）」をとりまとめた（図-1）。

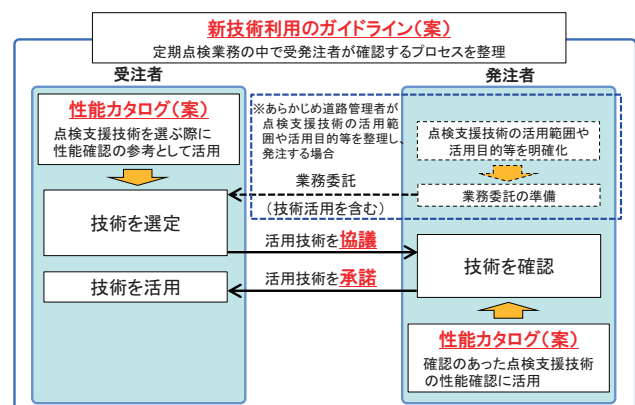


図-1 点検支援技術の活用プロセス例

#### 2.2 新技術利用のガイドライン（案）

「新技術利用のガイドライン（案）」（以下、「ガイドライン（案）」という）は、業務委託等により定期点検を実施する際に点検支援技術を活用する場合、発注者及び受注者双方が活用する技術について

て、確認するプロセスや受注者から協議する「点検支援技術使用計画」を発注者が承諾する際の確認すべき留意点等を整理した参考資料である。

業務委託等の特記仕様書に参考図書として位置付けることで、受注者が現場条件や構造、設置状況等を十分に把握したうえで、「点検支援技術性能カタログ(案)」により使用を予定している技術の特性及び仕様を勘案し、活用範囲や活用目的、技術選定の考え方、技術の性能を示す標準項目等から、「点検支援技術使用計画」(図-2)として明示したうえで、発注者へ協議するという流れを例示したものである。

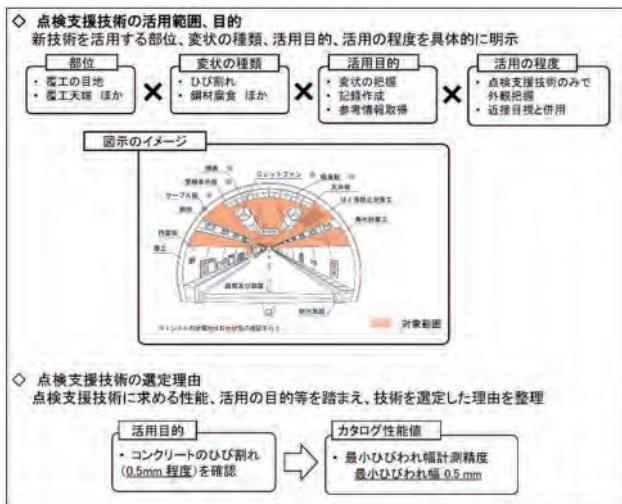


図-2 点検支援技術使用計画のイメージ (道路トンネル)

### 2.3 点検支援技術性能カタログ(案)

「点検支援技術性能カタログ(案)」(以下、「性能カタログ(案)」という)は、ガイドライン(案)で規定した標準項目に基づき、標準項目に対する性能値を開発者に求め、開発者から提出された性能値等をカタログ形式でとりまとめた参考資料であり(図-3)、業務委託等により定期点検を実施する場合、受発注者双方において参考とすることで、適切な技術選定を支援するものである。

国	性能カタログ標準項目	項目	定義	動作条件 環境条件	開発者
性能カタログの標準項目を規定	基本諸元	・ 外形寸法 ・ 移動・計測原理 ・ 技術が有する機能 ※物理的に一意のもの	各項目の説明 ※各定義を明確化するため、必要に応じて試験方法も規定	—	試験等により標準項目の性能値を整理
	運動性能	・ 構造物近傍での安定性能 ・ 狭小進入可能性能 ・ 最大可動範囲 等 ※移動体としての能力を定量的に示すもの	カタログ性能値を発揮する条件として記載すべき項目 【動作条件】 ・ 被写体との距離 ・ 位置精度 等 【環境条件】 ・ 風速の条件 ・ 天候・外気温 等		
	計測性能	・ 撮影速度 ・ 最小ひび割れ幅・計測精度 ・ 位置精度 ・ 色識別性能 等 ※データの質に関する能力を示すもの			

図-3 性能カタログ(案)の規定項目

性能カタログ(案)は、平成31年2月時点における点検支援技術をまとめたものであるが、今後の技術開発の進展に応じて適宜見直しが行われる

予定である。

また、性能カタログ(案)に掲載のない技術についても標準項目に対する性能値を受注者に求め、活用目的に適合していることと、性能値が実現場において確保されていることを確認することで活用することが可能である。

## 3. フィールド試行について

### 3.1 フィールド試行の概要

フィールド試行は、点検支援技術を活用するスキームや性能カタログ(案)について、定期点検を実施する現場の視点から課題等がないかを確認し、前述の点検支援技術の活用環境において整備したドキュメント類の改善点について整理することを目的とした。

試行の対象とした点検支援技術は、平成29年度までに公募により現場検証を行い、性能評価結果を公表した技術(道路トンネル:4技術,道路橋:7技術)<sup>4)</sup>について、国が実施する定期点検の現場(59施設:表-1)において近接目視による従来点検と併せて先行的に実施した。

表-1 フィールド試行を実施した施設数

区分	点検支援技術活用数		
	道路トンネル	道路橋	計
施設数	30	29	59

フィールド試行では、実施フロー(図-4)により、点検支援技術の活用に先立ち、活用範囲や活用目的、技術選定の考え方をまとめた点検支援技術使用計画書の提出を求めるとともに、点検支援技術の活用に関するアンケート形式の調査票により、点検支援技術を活用して「良かった点」、「悪かった点」について意見等を求める定性的な調査と、点検成果品の精度検証として、点検支援技術を用いて撮影した画像から作成した損傷図と、従来手法である近接目視により作成した損傷図とを比較することとした。

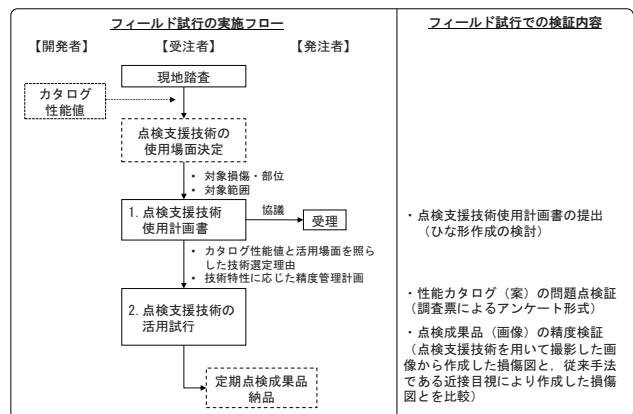


図-4 フィールド試行の実施フロー

### 3.2 フィールド試行の結果

#### (1) 調査票による意見等

回収した調査票より点検支援技術を活用してみて「悪かった点」から課題を把握し、要因別に対応案を整理した。

##### 〈道路トンネル〉

道路トンネルでは「点検者が期待していた品質が現場で得られない」、「適用範囲などの理解不足」、「点検費用が割高になる可能性がある」といった3つの課題となった(表-2)。

表-2 調査票から抽出した意見等(道路トンネル)

調査票から抽出した課題	要因と対応案
<b>点検者が期待していた品質が現場で得られない</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・チョーキングを画像から認識するため、近接目視点検から時間がたつと、漏水、結露およびトンネル内清掃等の影響で消えてしまうことがある。</li> <li>・ロボットによる画像では、うき、はく離や変状(漏水等)の程度は確認できない。</li> <li>・白黒画像であるため、漏水と漏水跡の区別および遊離石灰との区別は困難であり、画像はカラーが望ましい。</li> <li>・坑口付近とトンネル中央部との覆工面の明るさの違いによって、画像の品質を確保するために繰り返し走行が必要であった。</li> </ul>	<p><b>要因A: 標準カタログ項目の不備</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・当該技術が想定する標準的なユースケース(この場合は、近接目視時のチョーキングを画像から読み取る)を性能カタログに明記。</li> </ul> <p><b>要因B: 性能カタログの技術情報不足</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・当該技術が想定する標準的なユースケース(この場合は、うき、剥離等の打音異状は対象外)を性能カタログに明記する。</li> <li>・性能カタログへの記載事項が不足。撮影画像がカラー/白黒のいずれかであるかを性能カタログに明記。</li> <li>・カタログへの記載事項が不足。坑口と内部の照度差への対応可否を示すため、カタログ項目に環境条件として、環境照度の条件を性能カタログに明記。</li> </ul>
<b>適用範囲などの理解不足</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・坑門工面壁、照明背面、路面は計測できない。</li> <li>・照明やジェットファン等の死角となる箇所でのデータを取得できない。</li> <li>・画像データが大きく(1スパン30MB程度)、CADソフトでのデータのやり取りに時間がかかる。</li> </ul>	<p><b>要因A: 標準カタログ項目の不備</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・当該技術が想定する標準的なユースケース(この場合は、死角になる範囲があること)を性能カタログに明記。</li> </ul> <p><b>要因A: 性能カタログの技術情報不足</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・当該技術で取得した画像データがどの程度の容量となるのか、性能カタログの技術情報を充実。</li> </ul>
<b>点検費用が割高になる可能性がある</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・画像撮影車の保有台数が少なく、点検工程に効率よく合わせるための事前計画が必要。</li> <li>・近接目視点検の費用以外に、車両損料、運転費、画像作成費が必要。</li> <li>・延長の短いトンネルを1本のみ計測する場合など、単発のトンネルで運用すると割高になる可能性がある。</li> </ul>	<p><b>要因A: 性能カタログの技術情報不足</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・性能カタログへの記載項目が不足。各技術における保有台数及び基地の所在地を基本事項に追記し、性能カタログの技術情報を充実。</li> </ul> <p><b>要因B: 点検実施計画の立案不備</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・点検支援技術をどのように定期点検の現場に適応させるとコスト削減や点検の効率化につながるか、発注者や点検者が検討の上、当該技術を使用すべき。</li> </ul>

これらの課題に対する要因を「A:性能カタログ(案)の記述を工夫することで解消可能」と「B:効率的な使用方法の検討が必要」の2つに整理し、要因Aに整理した内容は、性能カタログ(案)を修正し、要因Bに整理した内容は、点検支援技術の効率化に関する検討項目とした。

##### 〈道路橋〉

道路橋では「点検対象部位・部材を計画どおりに撮影計測できない」、「性能の再現性の担保」、「カタログの記載内容が不十分」、「膨大なデータの処理に時間を要する」といった4つの課題となった(表-3)。

表-3 調査票から抽出した意見等(道路橋)

調査票から抽出した課題	要因と対応案
<b>点検対象部位・部材を計画どおりに撮影計測できない</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・側道規制を実施しない予定であったが、点検実施日は風がきつく側道上にドローンが飛び出る可能性があったため、側道の幅員減少規制を実施した。</li> <li>・桁座付近に局所的な乱流に対応できなかった。</li> <li>・梁下は高さが低く、3mの離隔を確保するとほとんど浮上できないため中止。</li> </ul>	<p><b>要因A: 標準カタログ項目の不備</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・性能カタログの項目に運動性能として、突風等の外乱に対応する対応能力を示す「構造物近傍での安定性能」を追加。</li> <li>・定期点検を実施する技術者が技術の最小進入可能寸法を正しく把握できるように性能カタログの記載を修正</li> </ul>
<b>性能の再現性の担保</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・当初、RC床版のひびわれをオルソ画像上で計測し、損傷図を起こす計画としていた。しかし大半のひびわれがオルソ上では確認できなかった。</li> </ul>	<p><b>要因B: 性能カタログの理解不足</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・通常、生データとオルソ画像化すると画質が劣化する。生データでは視認できてもオルソ画像で微細なひびわれが視認できない可能性があるため、性能カタログに画像形式(オルソ・RAWデータ等)を記載。</li> </ul>
<b>カタログの記載内容が不十分</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ロボットの作業能率がわからないため台数、人員の計画が立てにくい。</li> </ul>	<p><b>要因A: 標準カタログ項目の不備</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・性能カタログ上で技術の性能が成立する動作条件の記載が不十分であったため、記載を修正(撮影速度を追記)</li> </ul>
<b>膨大なデータの処理に時間を要する</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・点検ロボットでの写真データは大量であり、損傷写真の抽出において1枚1枚確認するには多大な労力が必要である。</li> </ul>	<p><b>要因C: ニーズに対して技術が未熟</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ロボットで撮影した大量の写真の中から、必要とする写真を短時間で抽出可能とする技術の付与が期待される。</li> </ul>

これらの課題に対する要因を「A:性能カタログ(案)の記述を工夫することで解消可能」、「B:性能カタログ(案)を正しく理解することで解消可能」、「C:現場のニーズに対して技術的に未熟」の3つに整理し、要因Aと要因Bに整理した内容は、性能カタログ(案)を修正した。

#### (2) 従来手法との比較検証

従来手法との比較検証は、近接目視による点検結果を真値として、「変状数や変状位置の記録が正確であること」、「変状程度が適切に評価されていること」を主眼におき、評価方法は、公募に基づき現場検証を行い公表した「判読可能率(近接目視で検出した変状(損傷)のうち、当該技術で記録した画像にて判読可能な変状(損傷)箇所数/近接目視で検出した変状(損傷)箇所数)」により行った。

なお、判読可能率における判読可否の判定は、道路トンネルまたは道路橋に関する業務経験を有する技術者3名(「定期点検要領」に定められた点検員の資格を有する者)が、判読の可否を合議により判定した。

##### 〈道路トンネル〉

道路トンネルにおける判読可能率の検証は、近接目視で判別が可能な「ひび割れ」、「うき・剥離」、「鋼材腐食」、「漏水等」の5変状とし、そのうち、「うき・剥離」と「鋼材腐食」は、変状を示すチョーキングを判読することとした。

評価の結果、それぞれの点検支援技術による判読可能率(表-4)は、3技術が100%、1技術が98%となり、点検支援技術による変状の把握は可能であると言える。



表-4 判読可能率検証結果（道路トンネル）

技術名	判読可能率									
	変状の種類									
	ひび割れ		うき・はく離 (デフォーミングを判読)		鋼材露出 (デフォーミングを判読)		漏水等		合計	
	坑口部	トンネル 中継区	坑口部	トンネル 中継区	坑口部	トンネル 中継区	坑口部	トンネル 中継区	坑口部	トンネル 中継区
A技術	98% (103/105)	100% (33/33)	100% (11/11)	100% (3/3)	100% (2/2)	100% (4/4)	対象変状 なし	100% (1/1)	98% (116/118)	100% (41/41)
B技術	100% (11/11)	100% (25/25)	100% (14/14)	100% (43/43)	100% (1/1)	対象変状 なし	100% (7/7)	100% (58/58)	100% (33/33)	100% (126/126)
C技術	100% (22/22)	100% (42/42)	100% (9/9)	100% (5/5)	100% (11/11)	対象変状 なし	100% (4/4)	100% (4/4)	100% (52/52)	100% (31/31)
D技術	100% (20/20)	100% (24/24)	100% (9/9)	100% (13/13)	対象変状 なし	対象変状 なし	100% (6/6)	100% (3/3)	100% (35/35)	100% (40/40)

〈道路橋〉

道路橋における判読可能率の検証は、近接目視で判別が可能な「ひびわれ」、「剥離・鉄筋露出」、「漏水」、「うき」の4損傷を対象とした。

道路橋の検証では、検証を行うために必要となる近接目視による損傷箇所が把握できるデータを入手できた2技術の検証となったことで検証方法に関する課題を残す結果となったが、評価ができた2つの点検支援技術による判読可能率（表-5）は、90%を超えており、点検支援技術による変状の把握は概ね可能であると言える。

表-5 判読可能率検証結果（道路橋）

技術名	点検部位	判読可能率				合計
		損傷の種類				
		ひびわれ	剥離・鉄筋露出	漏水	うき	
A技術		比較対象となる「近接目視で検出した損傷箇所数」のデータがなく検証不可				
B技術	床版・橋台	92% (110/119)	100% (1/1)	0% (0/2)	対象損傷 なし	91% (111/122)
C技術		比較対象となる「近接目視で検出した損傷箇所数」のデータがなく検証不可				
D技術		比較対象となる「近接目視で検出した損傷箇所数」のデータがなく検証不可				
E技術		比較対象となる「近接目視で検出した損傷箇所数」のデータがなく検証不可				
F技術	床版	92% (33/36)	100% (1/1)	100% (5/5)	対象損傷 なし	93% (39/42)
G技術		比較対象となる「近接目視で検出した損傷箇所数」のデータがなく検証不可				

4. 点検支援技術の更なる活用に向けて

定期点検要領の改定では、「新技術の活用による効率的な点検」がポイントとなっている。

効率的な点検を実施するためには、点検支援技術を含めた新技術の導入を促進することが期待されていることから、今年度は以下の内容について、取り組むこととしている。

4.1 活用に向けた効率化検討

(1) 効果検証

点検支援技術を活用した点検における作業時間や人工等を記録・分析することで、コスト構造や活用効果を明確にし、定期点検の効率化に貢献する活用ケースを検証し、とりまとめる。

(2) 好事例抽出

上記の効果検証結果を踏まえ、点検支援技術を活用する際のノウハウや、留意点等を盛り込んだ、「好事例」を整理し、点検支援技術の円滑な導入を促進するための参考資料をとりまとめる。

4.2 積算基準類の整備

現在、業務委託等により定期点検を実施する際に点検支援技術の活用に関する費用の積算は、見積による対応としている。

点検支援技術の活用を効率的かつ円滑に進めるためには、積算基準類の整備も必要となることから、点検支援技術を活用した定期点検業務の積算基準（暫定版）（以下、「点検支援技術の積算基準（暫定版）」という）の策定について検討する。

点検支援技術の積算基準（暫定版）については、国土交通省ホームページに公表済の「定期点検業務の積算基準（暫定版）」をベースに、直接人件費の構成費目に点検支援技術の活用部分を追加することを検討している（図-5）。

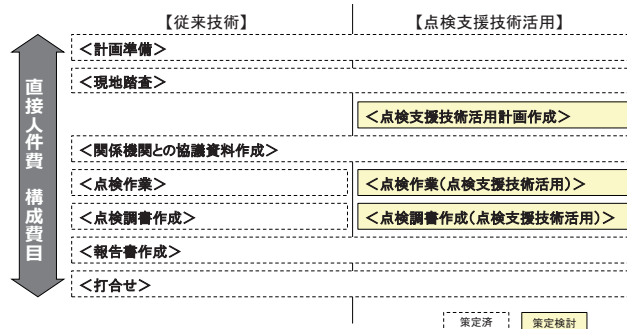


図-5 点検支援技術の積算基準（暫定版）の作成イメージ

5. おわりに

インフラ点検用ロボットは、道路構造物の定期点検要領の改定に伴い、点検支援技術として定期点検の現場で活用できることとなった。

点検支援技術の技術水準は年々向上しており、新たな点検支援技術が早期に定期点検の現場で活用可能となる環境整備を進めるとともに、それぞれの点検支援技術がどのような条件下において最大の効果が発揮されるかについて検証を行い、定期点検の更なる効率化に貢献して参りたい。

参考文献

- 1) 道路の老朽化対策  
<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobohozen.html>
- 2) 国土交通省 記者発表資料（道路トンネル）  
 平成30年7月19日 評価指標の公表  
<https://www.mlit.go.jp/common/001245608.pdf>
- 3) 国土交通省 記者発表資料（道路橋）  
 平成30年8月24日 評価指標の公表  
<https://www.mlit.go.jp/common/001250028.pdf>
- 4) 国土交通省ホームページ  
 （道路トンネル及び道路橋の性能評価結果）  
[https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei\\_constplan\\_tk\\_000028.html](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000028.html)