

次世代社会インフラ用ロボットの フィールド試行について ～定期点検への活用に向けた試行～

国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 技術企画係長 まつむら じゅん 松村 潤

1. はじめに

橋梁やトンネル等道路構造物に関する5年ごとの定期点検が法制化されて、5年が経過した。

近接目視等の具体的な手法を示した「定期点検要領」が改定され、インフラ点検ロボット等「点検支援技術」が活用できるようになった。

点検支援技術のうち、ドローン等のロボットにより写真を取得する技術については、国土交通省において性能評価を実施する等、定期点検の現場での活用に向けた取り組みを進めているところである。

今回、点検支援技術のこれまでの技術開発動向と活用に向けた環境整備、そして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おける取り組みについて紹介する。

2. 点検支援技術の開発動向について

(1) 取り組みの経緯

国土交通省と経済産業省は、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」を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）策定した。これを受けて、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。

(2) 性能評価指標

平成28年度から平成29年度の2カ年にわたり実施した現場検証の結果を踏まえ、現時点の技術水準においては、ロボットを点検記録作成に用いることを想定している。具体的には、点検技術者が近接目視、打音検査、触診による点検を実施したのち、画像を取得するドローンや走行しながら画像を取得する車両を用いて記録作成を行うものである。

画像からひび割れ幅や長さを計測できる技術であれば、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ので、現地における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、交通規制といった外部不経済を縮減することが期待される。

このようなユースケースを、どの程度実現できるかを測る性能評価指標として、表-1、2のとおり公表している¹⁾²⁾。

表一 1 トンネル点検記録作成支援ロボット評価指標

評価項目	評価指標	定義
A-1 変状 写真	判読 可能率	近接目視で検出した変状のうち当該技術で記録した画像にて判読可能な変状箇所数 ÷ 近接目視で検出した変状箇所数
A-2 変状写真台帳の自動整理		
A-3-1 変状 自動 検出	検出率	近接目視で検出した変状のうち当該技術で正しく検出した変状【延長/箇所数】* ÷ 近接目視で検出した変状【延長/箇所数】*
A-3-2 変状 自動 検出	的中率	近接目視で検出した変状のうち当該技術で正しく検出した変状【延長/箇所数】* ÷ 当該技術により正しく検出した変状【延長/箇所数】*
*ひび割れは「延長」、ひび割れ以外は「箇所数」		

表一 2 道路橋点検記録作成支援ロボット評価指標

評価項目	評価指標	定義
A-1 損傷 写真 撮影	判読 可能率	近接目視で検出した損傷のうち当該技術で記録した画像にて判読可能な損傷箇所数 ÷ 近接目視で検出した損傷箇所数
A-2 損傷写真の自動整理		

3. 点検支援技術の活用環境整備

ロボット等の点検支援技術については、「必要な知識および技能を有する者」が対象部位・部材・範囲や使用の目的を判断したうえで、活用できることとなった。そのためには、技術者が目的に応じて適切な点検支援技術を選定するための「カタログ」のような性能指標が必要となり、単に点検記録作成支援という限定的なユースケースに基づく先述の性能評価指標だけでは、十分に対応できなくなった。

そこで、標準的なカタログ項目を策定した上で、点検支援技術の開発者がカタログ項目に対する性能値を記したカタログを整備するとともに、点検技術者が点検対象構造物や現場の状況、対象部位・部材・範囲や使用の目的に応じて、カタログと照らし合わせることで、最も適切な点検支援技術

を選定し、これを点検業務受発注者が確認するという業務プロセスを想定した以下のドキュメント類を整備した。

(1) 新技術利用のガイドライン

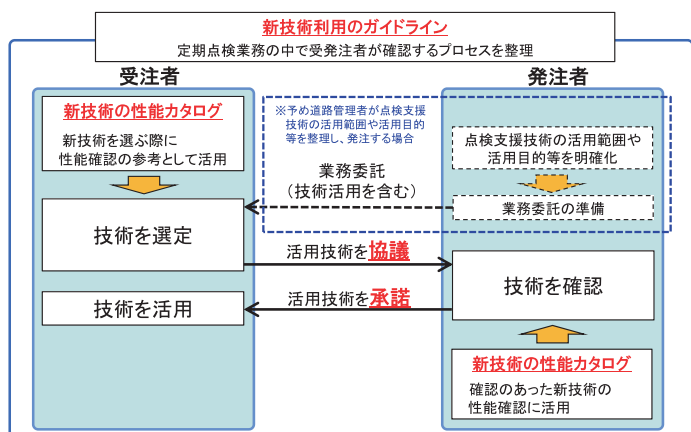
ガイドラインは、委託業務等により定期点検を実施する際に点検支援技術を活用する場合において、発注者および受注者双方が使用する技術について確認するプロセスや、受注者から協議する「点検支援技術使用計画」を発注者が承諾する際の確認すべき留意点等を参考として示したものである。

委託業務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、「点検支援技術の性能カタログ」等により使用を予定している技術の特性および仕様を勘案し、選定理由と活用範囲、活用目的を「点検支援技術使用計画」として明示したうえで、点検業務発注者と協議するという流れを例示したものである（図一 1）。

(2) 点検支援技術の性能カタログ（案）

性能カタログ（案）は、基本諸元の他、性能を統一的に評価するための指標として、「運動性能」、「計測性能」について、「評価項目」、「定義」、「試験方法」、「動作条件項目」および「環境条件項目」の標準的な記載内容案を作成した。

ここで、国土交通省では点検支援技術の性能を比較できる性能カタログの標準項目を規定し、技術の開発者は試験等により標準項目の性能値を整



図一 1 点検支援技術活用の流れ

国	性能カタログ標準項目	項目	定義	動作条件 環境条件
性能カタログの標準項目を規定	基本諸元	<ul style="list-style-type: none"> 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	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
	運動性能	<ul style="list-style-type: none"> 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 		
	計測性能	<ul style="list-style-type: none"> 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 ※データの質に関わる能力を示すもの 		

開発者
試験等により標準項目の性能値を整理

図-2 性能カタログ(案)で明示する項目
 理することとし、主要項目については図-2のとおりである。

4. フィールド試行について

(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する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。

試行は、国が実施する定期点検の現場において、試行に関する調査票を配布し、技術を使ってみて「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、点検支援技術により撮影した成果品と従来手法による点検結果における損傷図との比較検証を行った。

なお、活用した点検支援技術は、国土交通省において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)³⁾とした。

(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新技術を使ってみて「悪かった点」から課題を抽出し、課題が発生した要因・対応案を踏まえ、性能カタログ(案)を修正することとした。

〈道路トンネル〉

道路トンネルの点検では「点検者が期待していた品質が現場で得られない」、「点検費用が割

高になる可能性がある」といった課題に分類できた。これらの課題について要因と対応案を表-3、4のように整理した。

表-3 点検者が期待していた品質が現場で得られない

調査票から抽出した課題	要因と対応案
・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。	要因:標準カタログ項目の不備 ・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、はく離等の打音異状は対象外)を性能カタログに明記する。

表-4 点検費用が割高になる可能性がある

調査票から抽出した課題	要因と対応案
・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。	要因:点検実施計画の立案不備 ・新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。

〈道路橋〉

道路橋の点検では「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」、「膨大なデータの処理に時間を要する」といった課題に分類できた。これらの課題について要因と対応案を表-5～7のように整理した。

また、技術を活用して「良かった点」については以下のとおりであった。

〈道路トンネル〉

- ・覆工スパン全体を俯瞰的に確認できるため、劣化メカニズムの確認に役立つ。
- ・従来のスケッチ図よりも全体をイメージしやすいため、損傷図作成の際に間違いを防止することが可能。

〈道路橋〉

- ・対象部材全体の写真データが揃うため、損傷を俯瞰的に確認できるほか、見落とし防止につながる。
- ・全体的に見ることで、ひびわれ発生箇所の傾向やパターンが分かりやすい。

② 従来手法との比較検証

比較検証は、従来点検による結果を正として、「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」を主眼に行った。

なお、評価は先述の「判読可能率」により行い、比較検証結果を表－8、9に示す。

表－5 点検対象部位・部材を計画どおりに撮影計測できない

調査票から抽出した課題	要因と対応案
・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。	要因：標準カタログ項目の不備 ・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。
・桁座付近に局所的な乱流に対応できなかった。	

表－6 性能の再現性の担保

調査票から抽出した課題	要因と対応案
・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。	要因：性能やその発揮条件での理解不足 ・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、カタログに画像形式（オルソ・RAWデータ等）を記載。

表－7 膨大なデータの処理に時間を要する

調査票から抽出した課題	要因と対応案
・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。	要因：ニーズに対して技術が未熟 ・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。

5. おわりに

インフラ管理の高度化に向けた施策である「次世代社会インフラ用ロボット」は、道路構造物等の定期点検要領改定に伴い、点検支援技術として定期点検の現場で活用される環境となった。

点検用ロボットの技術水準は年々向上していることから、今後、現場において活用されることが期待される。

それと同時に、各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のかについて検証を行う必要があることから、紹介した取り組みを引き続き進め、建設現場の生産性向上に寄与していきたい。

【参考文献】

- 1) 平成30年7月19日記者発表（道路トンネル）
<http://www.mlit.go.jp/common/001245608.pdf>
- 2) 平成30年8月24日記者発表（道路橋）
<http://www.mlit.go.jp/common/001250028.pdf>
- 3) 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）
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000028.html

表－8 道路トンネルにおける比較検証結果（判読可能率）（従来点検により確認された変状数が30以上のトンネルを掲載）

技術名	判読可能率									
	変状の種類									
	ひび割れ		うき・はく離 (チョーキングを判読)		鋼材腐食 (チョーキングを判読)		漏水等		合計	
	坑口部	トンネル 中間部	坑口部	トンネル 中間部	坑口部	トンネル 中間部	坑口部	トンネル 中間部	坑口部	トンネル 中間部
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% (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)

表－9 道路橋における比較検証結果（判読可能率）（従来点検により確認された変状数が30以上の道路橋を掲載）

技術名	判読可能率					
	点検部位	変状の種類				
		ひびわれ	剥離・鉄筋露出	漏水	うき	合計
A技術	床版・橋台	92% (110/119)	100% (1/1)	0% (0/2)	—	91% (111/122)
B技術	床版	92% (33/36)	100% (1/1)	100% (5/5)	—	93% (39/42)