

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の推進

トンネル維持管理技術の現場検証・評価の結果

～ トンネル維持管理に役立つ技術へ応募されたロボット技術の
現場検証・評価の結果をお知らせします～

平成28年3月30日

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会

トンネル維持管理部会

トンネル維持管理部会委員

部会長	西村 和夫	首都大学東京 教授
委員	大道 武生	名城大学 教授
	永谷 圭司	東北大学 未来科学技術共同研究センター 准教授
	水谷 敏則	公益社団法人 土木学会 岩盤力学委員会 顧問
	太田 裕之	(一社)建設コンサルタンツ協会 道路専門委員会委員
	岩見 吉輝	国土交通省総合政策局公共事業企画調整課 施工安全企画室長
	長谷川 朋弘	国土交通省道路局国道・防災課 道路保全企画室長
	間瀬 利明	国土交通省国土技術政策総合研究所道路構造物研究部 構造・基礎研究室長
	砂金 伸治	(国研)土木研究所 道路技術研究グループ 上席研究員
	藤野 健一	(国研)土木研究所 技術推進本部 主席研究員
	岡本 健太郎	経済産業省製造産業局産業機械課 課長補佐
	加藤 晋	(国研)産業技術総合研究所 知能システム部門 グループ長
	安川 裕介	(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構 ロボット・機械システム部 主査

(敬称略)

(国研)は、「国立研究開発法人」を示す。

事務局(問い合わせ先)

国土交通省総合政策局公共事業企画調整課 企画専門官 新田,課長補佐 増,係長 中根
E-mail: robotech@mlit.go.jp
Tel: 03-5253-8286 (課内直通)

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入に係る現場検証支援業務(受託者):
先端建設技術センター・日本建設機械施工協会・橋梁調査会共同提案体
(トンネル維持管理部門担当)一般社団法人日本建設機械施工協会 担当:寺戸,加藤
Tel:0545-35-0212 (代表)

- 目 次 -

1 . 本取組について	1
2 . 公募の概要	2
2 - 1 公募技術	2
2 - 2 公募期間	2
3 . 公募の結果	2
3 1 応募数	2
3 - 2 現場検証数	2
3 3 現場検証技術	3
4 . 現場検証の実施状況	4
4 1 宮ヶ瀬ダム管理用トンネル	4
4 2 施工技術総合研究所模擬トンネル	10
5 . 評価結果	16
5 - 1 総評	16
5 - 2 評価結果（個別）	18
6 . 今後の展開(インフラ用ロボット情報一元化システム)	58
参考資料 現場検証技術概要	64

1. 本取組について

我が国の社会インフラを巡っては、これまで国民の安全・安心と活力を支えてきた多くの施設で進行する老朽化、また、年々リスクの高まる大規模地震や頻発する風水害等の災害、一方、社会情勢としての人口減少・少子高齢化の進行といった重要且つ喫緊の課題に対し、近年の ICT 等を活用し、効率的・効果的な対応を可能とする技術を開発し、導入することが求められている。

そこで、国土交通省及び経済産業省は、平成 25 年 7 月 16 日「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との擦り合わせ等の検討を経て、同年 12 月 25 日に「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入重点分野」を策定し、今後取り組むべき事項を提示した。そこでは、重点分野に係るロボットについて、平成 26 年度、平成 27 年度の全国の直轄現場等における現場検証及び評価を通じ、開発・改良を促進し、現場検証の結果を踏まえ、平成 28 年度から現場への試行的導入を実施し、その後の本格導入を目指すこととしている。

【現状と課題】

- ・少子高齢化、人口減少による建設産業における労働力不足の懸念
- ・インフラの老朽化に対応した効率的な維持管理及び更新
- ・大規模災害への迅速な対応

【取組み内容】

- ・国交省と経産省が共同でロボット開発・導入が必要な「5 つの重点分野」を策定し、これらに対応できるロボットを民間企業や大学等から公募し、直轄現場で検証・評価を行うことにより、開発・導入を促進

【5 つの重点分野】

(平成 25 年 12 月 24 日 国交省・経産省策定)

I 維持管理

① 橋梁

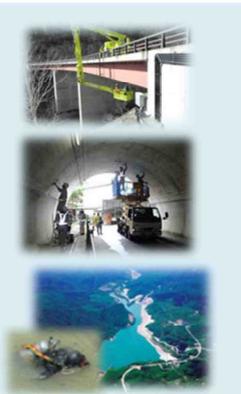
- ・近接目視を支援
- ・打音検査を支援
- ・点検者の移動を支援

② トンネル

- ・近接目視を支援
- ・打音検査を支援
- ・点検者の移動を支援

③ 水中(ダム、河川)

- ・近接目視を代替・支援
- ・堆積物の状況を把握



II 災害対応

④ 災害状況調査

(土砂崩落、火山災害、トンネル崩落)

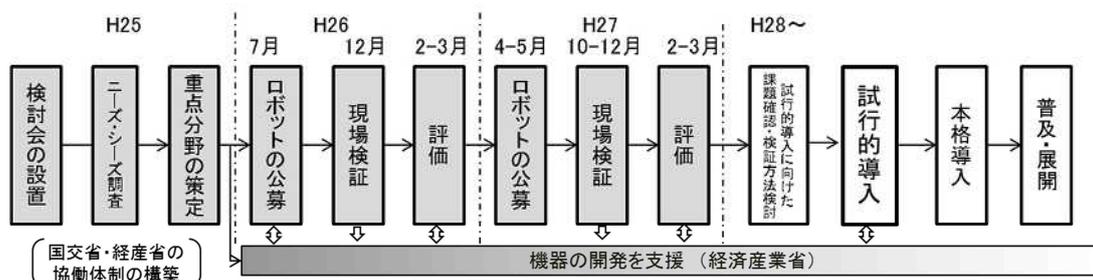
- ・現場被害状況を把握
- ・土砂等を計測する技術
- ・引火性ガス等の情報を取得
- ・トンネル崩落状態や規模を把握

⑤ 災害応急復旧 (土砂崩落、火山災害)

- ・土砂崩落等の応急復旧
- ・排水作業の応急対応する技術
- ・情報伝達する技術



【実施フロー】



2 . 公募の概要

2 - 1 公募技術

- [1]トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状（ひび割れ、うき、はく離、はく落、変形、漏水など）の全てまたは一部に対して、近接目視の支援ができる技術・システム
- [2]トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状（うき、はく離、はく落、打継目の目地切れなど）の全てまたは一部に対して、打音検査の支援ができる技術・システム
- [3]トンネルにおいて、点検者を点検箇所近づけて移動できる技術・システム

2 - 2 公募期間

平成 27 年 5 月 28 日（木）～平成 27 年 6 月 18 日（木）

3 . 公募の結果

3 - 1 応募数

13 技術 12 者（内 2 技術の応募が 1 者）

3 - 2 現場検証数

実用検証技術¹ : 10 技術 10 者
要素検証技術² : 3 技術 3 者



『現場検証』にかかる技術の分類について

- 1 現段階で実現場での利用可能性があると判断される技術であり、実際の使用を想定した現場検証を実施した技術。
現場検証の結果として、確認された技術・システムの精度、安全性、効率、信頼性などを踏まえた評価を、想定される適用範囲や期待される活用場面および試行的導入に向けた課題とともに示す。
- 2 現時点では技術・システムの一部が開発段階にあり、本来の技術・システムとしてではなく、構成する一部の要素技術を用いたデータ収集や各要素の稼働状況などの確認を目的として現場検証を実施した技術。または、検証現場の使用上、構造上の制約等によりシステムとしての検証がおこなえず、データ収集や各要素の稼働状況等の確認を目的として現場検証を実施した技術。
現場検証の結果は、確認された範囲で技術・システムの有効性、実用の可能性に関するコメントとして示す。

3 - 3 現場検証技術

現場検証技術一覧表

No.	技術名称 (ロボット技術・システム名称)	応募者	共同開発者	新規・再 ³ 継続	検証項目 ^{4, 5}			技術構成		実施場所 ⁵		[NEDO] ⁶	[SIP] ⁷
					[1]	[2]	[3]	センサー・データ収集機構 近接目視	移動機構	宮ヶ瀬ダム 管理用トンネル	施工線研 線掘トンネル		
1	画像から抽出したクラック分析による劣 き、はく離の検知技術	㈱アルファ・プロダクト	大阪工業大学 情報科学部	新規				デジタルカメラ					
2	走行型高精細画像計測システム(トン ネルレーザー)	中外テクニクス		新規				4Kビデオカメラ					
3	車両走行型トンネル点検システム MMSD TM	三菱電機㈱		新規				MMSレーザーキャナ + 高精細カメラ (高精細カメラ閉塞中)					
4	MMSによるトンネル点検支援技術	㈱アスコ		新規				高精度MMSレーザー計測					
5	デジタル画像と赤外線熱画像を用いた 画像診断システム(HVIDAS(ヒビダス))	清水建設㈱	(株)保全工学研究所 備後紡績(株)	新規				デジタルカメラ 赤外線カメラ					
6	ボールド型打音検査機	日本電気㈱	自律制御システム研究所 産業技術総合研究所 首都高速道路技術センター	新規				打音検査機(ボールド型)					
7	トンネル覆工レーザー・赤外線画像計 測システム	日本工営㈱	(株)トノックス (株)ウォールネット	継続	(一部を 含む)			レーザーキャナ 赤外線カメラ 要素検証技術		(一部を 含む)			
8	走行型高速3Dトンネル点検システム MIMM-R(ミーム・アール)	パンフィックコンサルタ ンツ㈱	計測検査(株) システムリサーチ(株) (株)ウォールネット	継続				3CCDカメラ MMS高密度レーザー 非接触レーザー					
9	高精細トンネル覆工計測装置	西日本高速道路エンジ ニアリング四国㈱		継続				ラインセンサカメラ 三次元形状計測					
10	トンネル覆工コンクリート調査システム	三井造船㈱	(株)トノックス	継続				レーザーキャナ レーザーキャナ MP/LAレーザー					
11	インフラ点検システム	沖電気工業㈱	大日本コンサルタント(株)	継続				タブレット端末 シリアル式打音検査機(要 要素検証技術)					
12	ハンディovich型打音検査機	東急建設㈱	株式会社小川電機製作所	新規				光切断法カメラ					
13	打音点検用飛行ロボットシステム	日本電気㈱	自律制御システム研究所 産業技術総合研究所 首都高速道路技術センター	継続				打音検査機(音響マイク、 振動センサー)					

3 再とは、昨年度応募したのが現場検証をしなかった技術

4 検証項目凡例

- [1] トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状(ひび割れ、うき、はく離、変形、漏水など)の全てまたは一部に対して、近接目視の代替または支援ができる技術・システム
- [2] トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状(うき、はく離、はく離、打撃目)の全てまたは一部に対して、打音検査の代替または支援ができる技術・システム
- [3] トンネルにおいて、点検者を点検箇所付近に近づけて移動できる技術・システム

5 : 実用検証技術... 現段階での利用可能性があると判断される技術であり、実際の使用を想定した現場検証を実施した技術。

: 要素検証技術... 現時点では技術・システムの一部が開発段階にあり、本来の技術・システムとしてではなく、構成する一部の要素技術を用いたデータ収集や各要素の稼働状況などの確認を目的として現場検証を実施した技術。
または、検証現場の使用上、構造上の制約等によりシステムとしての検証がおこなえず、データ収集や各要素の稼働状況等の確認を目的として現場検証を実施した技術。

6 「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」[NEDO]委託先(トンネル維持管理本部)では該当なし

7 「インフラ維持管理・更新、マネジメント技術」[SIP]委託先

検証項目数
10 5 0 15

4 . 現場検証の実施状況

4 - 1 宮ヶ瀬ダム管理用トンネル

(1) 検証時期：平成 27 年 10 月 23 日～ 12 月 2 日

(2) 検証場所：宮ヶ瀬ダム管理用トンネル
(神奈川県相模原市緑区青山)



【葦尾根トンネル】



【青山トンネル】



位置図

(3) 対象とした公募技術と実施内容

【公募技術】

- [1] トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状（ひび割れ、うき、はく離、はく落、変形、漏水など）の全てまたは一部に対して、近接目視の支援ができる技術・システム
- [2] トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状（うき、はく離、はく落、打継目の目地切れなど）の全てまたは一部に対して、打音検査の支援ができる技術・システム

【実施内容】

・公募技術[1], [2] の実用検証

宮ヶ瀬ダム管理用トンネルに検証用区間を設定し、従来点検前にロボットによる計測を行い、その結果を参考に従来点検を行うことにより、従来点検（近接目視・打音検査・チョーキング・スケッチ）点検調書等作成の効率化・省力化、通行規制時間の短縮および、ひび割れ模擬供試体やトンネル覆工面の変状検出精度の確認を実施した。

宮ヶ瀬ダム管理用トンネルに検証用区間を設定し、従来点検による近接目視・打音検査・チョーキングが終了した状態でロボットによる計測を行い、変状展開図等の点検調書を作成することにより、スケッチ作業の省略、点検記録の正確性の向上、点検調書等作成の効率化・省人化の確認を実施した。

・要素検証

要素検証技術については、今後の製品化や事業化に向けた開発・改良のために、データ収集機器の作動状況、取得データの確認および、データ採取を実施した。

(4) 検証状況

No.1⁸

技術名称 画像から抽出したクラック分析による浮き、はく離の検知技術

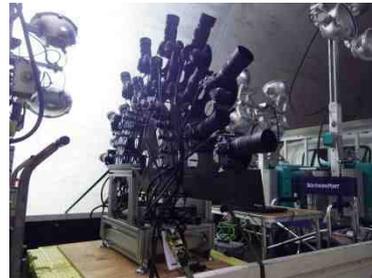
[技術分野] 近接目視の支援

応募者 株式会社アルファ・プロダクト

共同開発者 大阪工業大学 情報科学部

検証日 平成 27 年 11 月 27 日

検証状況



No.2

技術名称 走行型高精細画像計測システム(トンネルトレーサー)

[技術分野] 近接目視の支援

応募者 中外テクノス株式会社

検証日 平成 27 年 10 月 27 日、11 月 11 日、12 月 1 日

検証状況



No.3

技術名称 車両走行型トンネル点検システム MMSD™

[技術分野] 近接目視の支援

応募者 三菱電機株式会社

検証日 平成 27 年 10 月 28 日、11 月 10 日

検証状況

「開発中のため、応募者の希望により検証状況写真の掲載なし」

8 検証状況写真の番号は、P3の現場検証技術一覧表の番号を示す。

No.4

技術名称 MMS によるトンネル点検支援技術

[技術分野] 近接目視の支援

応募者 株式会社アスコ

検証日 平成 27 年 11 月 24 日、11 月 25 日

検証状況



No.5

技術名称 デジカメ画像と赤外線熱画像を用いた画像診断システム「HIVIDAS(ヒビダス)」

[技術分野] 近接目視の支援

応募者 清水建設株式会社

共同開発者 株式会社保全工学研究所、倉敷紡績株式会社

検証日 平成 27 年 10 月 23 日、11 月 30 日

検証状況



No.7

技術名称 トンネル覆工レーザー・赤外線画像計測システム

[技術分野] 近接目視の支援

応募者 日本工営株式会社

共同開発者 株式会社トノックス、株式会社ウォールナット

検証日 平成 27 年 10 月 27 日、11 月 2 日、12 月 2 日

検証状況



No.8

技術名称 走行型高速3Dトンネル点検システム MIMM-R(ミーム・アール)
[技術分野] 近接目視の支援
応募者 パシフィックコンサルタンツ株式会社
共同開発者 計測検査株式会社、iシステムリサーチ株式会社、株式会社ウォールナット
検証日 平成27年10月28日、11月12日、12月2日
検証状況



No.9

技術名称 高精度トンネル覆工計測装置
[技術分野] 近接目視の支援、打音検査の支援
応募者 西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社
検証日 平成27年10月27日、11月13日、12月1日
検証状況



No.10

技術名称 トンネル覆工コンクリート調査システム
[技術分野] 近接目視の支援、打音検査の支援
応募者 三井造船株式会社
共同開発者 株式会社トノックス
検証日 平成27年10月27日、10月28日、12月2日
検証状況



No.11

技術名称 インフラ点検システム

[技術分野] 打音検査の支援

応募者 沖電気工業株式会社

共同開発者 大日本コンサルタント株式会社

検証日 平成 27 年 11 月 20 日

検証状況



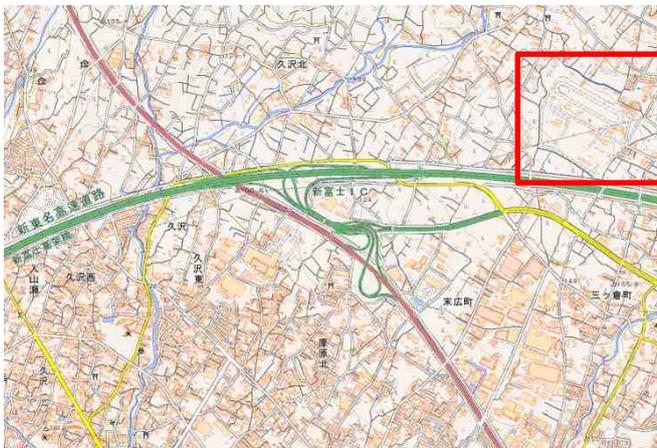
4 - 2 施工技術総合研究所模擬トンネル

(1) 検証時期：平成 27 年 10 月 19 日～ 12 月 9 日

(2) 検証場所：施工技術総合研究所模擬トンネル
(静岡県富士市大淵)



【模擬トンネル】



位置図



施工技術総合研究所の実験施設

(3) 対象とした公募技術と実施内容

【公募技術】

- [1] トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状（ひび割れ、うき、はく離、はく落、変形、漏水など）の全てまたは一部に対して、近接目視の支援ができる技術・システム
- [2] トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状（うき、はく離、はく落、打継目の目地切れなど）の全てまたは一部に対して、打音検査の支援ができる技術・システム

【実施内容】

・公募技術[2]の実用検証

打音検査用供試体による変状検出精度、環境音の影響の確認および、模擬トンネル内での機器の動作状況、操作性の確認を実施した。

・要素検証

要素検証技術については、今後の製品化や事業化に向けた開発・改良のために、施工技術総合研究所模擬トンネルおよび、打音検査用供試体を使用して、移動機構やデータ収集機器の作動状況、取得データ状況の確認および、データ採取を実施した。

(4) 検証状況

No.2⁹

技術名称 走行型高精細画像計測システム(トンネルレーザ)

[技術分野] 近接目視の支援

応募者 中外テクノス株式会社

検証日 平成27年10月19日

検証状況



No.5

技術名称 デジカメ画像と赤外線熱画像を用いた画像診断システム「HIVIDAS(ヒビダス)」

[技術分野] 近接目視の支援

応募者 清水建設株式会社

共同開発者 株式会社保全工学研究所、倉敷紡績株式会社

検証日 平成27年11月9日

検証状況



No.6

技術名称 ポール型打音検査機

[技術分野] 打音検査の支援

応募者 日本電気株式会社

共同開発者 自律制御システム研究所、産業技術総合研究所、首都高速道路技術センター

検証日 平成27年11月4日

検証状況



9 検証状況写真の番号は、P3の現場検証対象技術一覧表の番号を示す。

No.7

技術名称 トンネル覆工レーザー・赤外線画像計測システム

[技術分野] 近接目視の支援

応募者 日本工営株式会社

共同開発者 株式会社トノックス、株式会社ウォールナット

検証日 平成 27 年 10 月 20 日

検証状況



No.10

技術名称 トンネル覆工コンクリート調査システム

[技術分野] 近接目視の支援、打音検査の支援

応募者 三井造船株式会社

共同開発者 株式会社トノックス

検証日 平成 27 年 10 月 21 日

検証状況



No.12

技術名称 ハンディひび割れ検出装置

[技術分野] 近接目視の支援

応募者 東急建設株式会社

共同開発者 株式会社小川優機製作所

検証日 平成 27 年 11 月 5 日、11 月 6 日

検証状況



No.13

技術名称 打音点検用飛行ロボットシステム

[技術分野] 打音検査の支援

応募者 日本電気株式会社

共同開発者 自律制御システム研究所、産業技術総合研究所、首都高速道路技術センター

検証日 平成 27 年 11 月 4 日

検証状況



5 . 評価結果

5 - 1 総評

今年度の現場検証では、昨年度の現場検証結果を踏まえ、現行の人による点検作業に対する支援として、ロボット活用の効果が期待される場面（シナリオ）を設定し、その可能性について検証した。

従来点検前にロボットにより計測する場面【シナリオ1】と、従来点検後にロボットにより計測（スケッチ）する場面【シナリオ2】について、各々のシナリオに沿った点検作業を実トンネルにおいて実施し、計測精度と作業効率性を中心に検証した。

（ 【シナリオ1】及び【シナリオ2】の詳細は、次頁に記載）

【シナリオ1】では、ロボットによる事前の計測結果を利用することで、人による点検がより効率的になる可能性が有ることを、一部の技術において確認した。一方で、ロボットによる計測結果の出力情報の違いにより、点検作業時間の効率化に寄与する割合が変化することも明らかとなった。今後は、実際の点検業務へのロボットの試行的導入に向け、点検作業をより効率的に行うために必要なロボットの計測方法やロボットが出力すべき情報等を明らかにすることが課題と考える。

【シナリオ2】では、人によるスケッチ作業が省略されるとともに、それに伴う車線規制の時間も短縮あるいは省略できる可能性が高いことを、一部の技術において確認した。また、人によるスケッチでは、変状の記入漏れや記入位置のずれを生じることがあるが、ロボットにより覆工面の画像等を取得することにより、正確な記録が行える可能性が高いことも確認した。一方で、変状を抽出する作業は人によって行うため、変状の見落としなどの人的ミスが生じ得ることも確認した。

今回の現場検証を通じた共通の課題として、いずれのロボット技術も人による変状抽出・評価・判断のプロセスが必要になり、そのため、その計測結果の精度は、変状抽出等を担当する人の力量によって左右される点が挙げられる。このことは、ロボット技術の開発・改良と共に、それを扱う人の技術力の確保・向上も重要な課題として認識する必要があることを示している。

今年度の現場検証の結果、ロボット技術の点検における支援の可能性を確認する一方で、限られた場所及び時間での検証でもあり、試行的導入に向けた課題も明らかとなった。次年度以降においては、今年度の検証結果を踏まえ、実際の点検作業と同一の環境下での検証を行う「試行的導入」に向けて、実用レベルでの具体的な点検作業効率の向上の効果や、経済性を考慮した最適な利用方法等を確認するため、適宜、必要な現場検証を行うことが必要である。そして、試行的導入においては、「どのようなロボット計測結果の出力情報があれば人力によるトンネル点検が効率的に行えるか？」、「ロボット計測に必要な費用と作業員はどの程度か？」等を確認し、ロボットを利用した点検作業マニュアルの構築や点検費用の実態把握等を目指した検証が重要と考える。

昨年度からの2カ年の現場検証を通じて、いずれも昨年度の検証結果を踏まえた改良が加えられ、計測精度や効率性が改善されている。現時点では、ロボットによる点検作

業の完全な代替は困難といえるが、今後のさらなる開発・改良が進むことで、人間の代替あるいはそれに近い点検支援が可能となるロボットの開発が期待される。

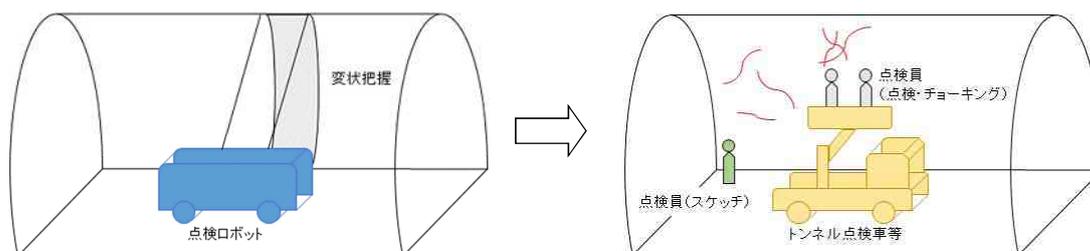
一方、今回の現場検証とロボット技術の進歩を鑑みると、トンネル管理者や点検者が点検対象や現場状況に応じた最適なロボットを選定でき、また、ロボット開発者が開発目標を明確に設定できるようにすることが必要と考えられる。そのためには、ロボットに求められる変状検出や走行性等の性能の明確化とその検証方法の標準化が有効と考えられ、そこでは、今回の現場検証で得られた様々な多くの知見を有効に活用していくことが求められる。

トンネル維持管理部会長 西村和夫

[ロボット活用の効果が期待されるシナリオ]

【シナリオ1】

従来点検前にロボットによる計測を行い、その結果を参考に従来点検を行うことにより、従来点検（近接目視・打音検査・チョーキング）の効率化、省人化および通行規制時間の短縮等を目指す。

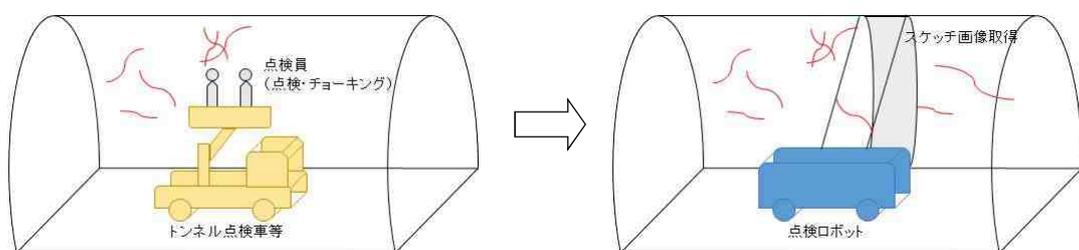


従来点検前にロボットで計測

ロボットの計測結果を用いて従来点検

【シナリオ2】

従来点検による近接目視・打音検査・チョーキングが終了した状態でロボットによる計測を行い、変状展開図等を作成する。これによりスケッチ作業を省略し、点検作業の効率化、省人化、正確性の向上および通行規制時間の短縮を目指す。



従来点検を実施（スケッチを除く）

ロボットによりスケッチ作業を実施

5 - 2 評価結果（個別）

【評価方法】

（１）総合評価

今回の現場検証で確認した事項を挙げ、ロボット活用（P17，ロボット活用の効果が期待されるシナリオを示す）の目的であるトンネル点検に対する支援効果の程度を考察し、総合的な評価の結果として「試行的導入」に向けた位置付けとして、次の４クラスに評定する。

．試行的導入に向けた検証を推奨する

今回の検証において、点検支援（従来点検前の情報取得もしくは点検後の記録）での効果を有する可能性が高いことが確認され、試行的導入に向け更に種々の条件を想定した検証が望まれる技術。

．課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨する

今回の検証では、公募で求める基本要件との整合性や、安全性、信頼性などにおいて若干の課題が残り、現状では点検支援（従来点検前の情報取得もしくは点検後の記録）での効果が限定的となることが判明した技術。

今回確認された課題の解消により、早期に実用レベルでの支援効果が得られる可能性があることから、課題の解決を前提として試行的導入に向けた種々の条件を想定した検証が望まれる。

．課題への対応・結果により、試行的導入に向けた検証を推奨する

今回の検証では、公募で求める基本要件との整合性や、安全性、信頼性などの基本的な要素に係る課題があることが判明した技術。

試行的導入に向けた検証に先立ち、今回確認された課題への対応と、その結果の検証が必要である。

．今回は十分な検証ができていない

今回の検証では、機器・システムの不調や開発途上などの理由により、提案されたシステムでの検証に十分なデータが得られなかった技術。

今後の開発状況をみて検証の可能性を検討する必要がある。

総合評価の結果に応じて、「課題」、「想定される適用範囲」、「期待される活用場面」、「期待される改良・開発事項」をコメントとして示す。

なお、「試行的導入に向けた検証」とは、実際の点検業務と同一の環境下で検証を行う「試行的導入」に向け、ロボット技術による支援の内容・効果、検証方法を具体化するため、及び、各技術の課題への対応状況等を確認するため、適宜、必要な現場検証を行うことをいう。

(2) 検証項目毎の判定

公募要領に示す基本要件および期待項目について、下表に示す観点・方法により5段階で判定をおこなう。

なお、この判定は、今回の現場検証結果に基づくものであり、また、比較する従来点検は、本検証において事務局が実施した従来点検結果である。判定は、個別の技術についてシナリオ（シナリオ1またはシナリオ2）ごと、ならびに公募技術（近接目視または打音検査）毎に、それぞれの以下の方針に従って行った。

	良好 従来手法と同等以上と見なせる。		可 従来手法と同等程度で、実用レベルで問題ない。		課題が残る 実用レベルで容認できるが、改善が望まれる課題がある。	×	不可 実用上、限定的な使用に留まる。	-	評価できない 十分な検証ができていないなどの理由で、今回の評価対象外。
--	-----------------------	--	-----------------------------	--	-------------------------------------	---	-----------------------	---	--

項目	内容		判定の観点・方法
基本要件 調書作成・支援	「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。		「道路トンネル定期点検要領」に定められた点検表記録様式との整合性から判定する。
基本要件 変状情報取得	「道路トンネル定期点検要領」の対策区分の判定に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。		点検表記録様式に対策区分の判定に必要な情報が記載されているか否かにより判定する。
基本要件 第三者影響	従来点検における交通規制と比較して、交通阻害を増加させない、または減少させる。		ロボットによる計測時の通行規制の要否により判定する。
基本要件 効率性・正確性	変状の把握、評価が効率的かつ正確になる或いはバラツキが減少し、経済性が妥当である。		ひび割れ模擬供試体もしくはトンネル内のひび割れ、うき等の検出率より定量的に判定する。
基本要件 安全性	点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。		現場検証状況、ヒアリング内容等から、トンネル利用者および点検作業者の安全性を定性的に判定する。
基本要件 効率性	従来の点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。		現場検証により確認した、点検における通行規制時間ならびに点検作業時間により、定量的に判定する。
基本要件 効率性	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。		現場検証結果の記録・整理に要する時間より、定量的に判定する。
期待項目 アプローチ性	狭隘部等、人が近づけない、または、近づき難い箇所の点検ができること。		(評価対象技術なし)
期待項目 安定性	点検において、外光(太陽光)や照明の影響を受け難いこと。		応募者ヒアリングの結果により定性的に判定する。
期待項目 効率性	点検において、重大な利用者被害を招く恐れのある箇所を、効率的に見つけられること。		現場検証状況、ヒアリング内容等から、危険箇所の検出の可否により定性的に判定する。
期待項目 付加機能	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」の全てまたは一部を実施できること。		(評価対象技術なし)
期待項目 作業性	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと。		現場検証状況、ヒアリング内容等から、従来点検と比較して、容易であるかを定性的に判定する。
期待項目 汎用性	今回の検証現場以外でも、より多くの現場において効果を発揮すること。		現場検証状況、ヒアリング内容等から、他トンネルへの適用性を定性的に判定する。
期待項目 付加機能	たたき落としの必要性が把握できる、またはたたき落としによる応急措置が実施、または補助ができる。		現場検証時に要たたき落とし箇所が判定できるかにより、定性的に判定する(たたき落としの実施については、評価対象技術なし)
期待項目	近接目視 性能保証	性能保証範囲が明確であり、且つ、それを客観的に示せること。	(今回の検証では十分なデータが得られなかったため評価対象外とした)
	打音検査 付加機能	打音検査により剥落するものやたたき落とし等により落下するものを、落下させずに回収できること。	(評価対象技術なし)

【評価結果（個票）】

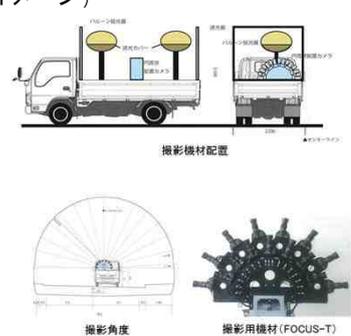
目次

	技術名称	頁
1	画像から抽出したクラック分析による浮き、はく離の検知技術 株式会社アルファ・プロダクト	22-23
2	走行型高精細画像計測システム（トンネルレーザー） 中外テクノス株式会社	24-26
3	車両走行型トンネル点検システム MMSD™ 三菱電機株式会社 【開発中のため、応募者の希望により評価結果は非公表】	
4	MMS によるトンネル点検支援技術 株式会社アスコ	28-29
5	デジカメ画像と赤外線熱画像を用いた画像診断システム「HIVIDAS(ヒビダス)」 清水建設株式会社	30-32
6	ポール型打音検査機 日本電気株式会社	34-35
7	トンネル覆工レーザー・赤外線画像計測システム 日本工営株式会社	36-38
8	走行型高速3Dトンネル点検システム MIMM-R（ミーム・アール） パシフィックコンサルタンツ株式会社	40-42
9	高精度トンネル覆工計測装置 西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社	44-47
10	トンネル覆工コンクリート調査システム 三井造船株式会社	48-51
11	インフラ点検システム 沖電気工業株式会社	52-53
12	ハンディひび割れ検出装置 東急建設株式会社	54-55
13	点検用飛行ロボットシステム 日本電気株式会社	56-57

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	実用検証
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 トンネル維持管理部会

技術名称	画像から抽出したクラック分析による浮き、はく離の検知技術															
応募者	株式会社アルファ・プロダクト															
共同開発者	大阪工業大学 情報科学部															
技術概要 (自己申告)	<p>道路トンネルは5年に1度の定期点検が義務付けられ、点検技術の効率化・精度向上が急務となっている。そこで、近接目視点検のスケッチ作業を効率化するため、高精度デジタルカメラでトンネル覆工コンクリートの画像データを取得し、画像データから変状展開図を作成する。これにより、現場作業時間の短縮、変状展開図の作成時間短縮・精度向上を目指す。また、画像データからひび割れを抽出し、近接目視時の確認漏れ等を補助する技術の実現も目指している。</p>	<p>(外観・イメージ)</p> 														
対象分野	トンネル維持管理															
技術構成	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>移動機構</td> <td>一般車両</td> <td>2tトラック</td> </tr> <tr> <td>センサー</td> <td>デジタルカメラ</td> <td>2400万画素・15台</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">データ処理</td> <td>画像接合</td> <td>Photoshop</td> </tr> <tr> <td>クラック抽出</td> <td>クラック抽出ソフト</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		移動機構	一般車両	2tトラック	センサー	デジタルカメラ	2400万画素・15台	データ処理	画像接合	Photoshop	クラック抽出	クラック抽出ソフト	その他		
移動機構	一般車両	2tトラック														
センサー	デジタルカメラ	2400万画素・15台														
データ処理	画像接合	Photoshop														
	クラック抽出	クラック抽出ソフト														
その他																
問合せ先	株式会社アルファ・プロダクト 技術部 原 徹 Tel: 03-5661-5861 E-Mail: info@alpha-product.co.jp URL: http://www.alpha-product.co.jp/															
検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)															
検証場所	宮ヶ瀬ダム管理用トンネル(神奈川県相模原市)															
検証内容	<p>従来点検後にロボットによる計測を行い、従来点検のスケッチ作業省略による点検の効率化・省人化についての検証 および、ひび割れ模擬供試体による検出精度の検証</p> <p>【検証実施日】 平成27年11月27日</p>	   <p style="text-align: center;">覆工画像</p>														

技術名称	画像から抽出したクラック分析による浮き、はく離の検知技術
評価結果【実用検証評価】	評価対象シナリオ【シナリオ2】
検証項目	【1】トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状（ひび割れ、うき、はく離、はく落、変形、漏水など）の全てまたは一部に対して、 近接目視の支援 ができる技術・システム
課題への対応・結果により、試行的導入に向けた検証を推奨する	
総合評価	<p>【技術概要】 一般車両の荷台にデジタルカメラを放射上に配置し、覆工画像を撮影する技術</p> <p>【検証結果】 従来点検後の計測では、従来点検の点検結果を正確に記録されることおよび従来点検に比べてスケッチ作業時間が短縮されることが確認された。 技術の特性上、通行規制が必要ではあるが、従来点検時の規制下でロボットを導入することにより点検作業全体としての効率化の可能性はある。 データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化を図り、点検作業全体としての効率化や省人化が望まれる。 一般車両運転手に対する投光器による眩惑等の影響が懸念される。</p> <p>【総合評価】 課題はあるが、一定の点検支援効果が確認されたため、課題への対応・結果により、試行的導入に向けた検証を推奨する。</p>
課題	【一般車両への安全対策】 一般車両運転手に対する投光器による眩惑等への対策が必要である。
想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・車道より視認できる部分を対象に、近接目視の支援として利用できる（ジェットファン、照明灯具等の背面は対象外） <p>【留意事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・交通規制を必要とする ・撮影時、歩行者等や一般車両が写り込まない対策を必要とする ・路面から1.0m程度の範囲は撮影不可（改良実施予定）
期待される活用場面 評価対象とした活用場面	<ul style="list-style-type: none"> ・従来点検による近接目視・打音検査・チョーキングが終了した状態でロボットによる計測を行い、変状展開図等を作成する。これによりスケッチ作業を省略し、点検作業の効率化、省人化、正確性の向上および通行規制時間の短縮を目指す。
期待される改良・開発事項	<p>【作業の効率化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データ処理のソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化が望まれる <p>【撮影機器の改良】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・覆工全面の撮影が可能となることが望まれる

参考：今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果（今回の検証トンネルの諸条件下での結果）

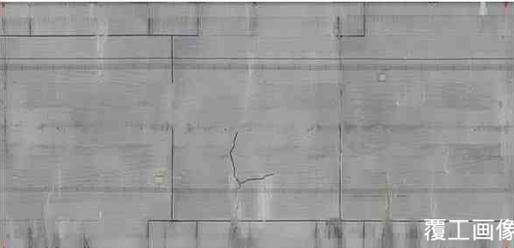
検 証 項 目	判 定
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」にて定義するトンネル本体工に対して、同要領に記載された近接目視による点検の支援を通じて、「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。
基本要件	当該技術・システムにより、通常の近接目視における高所作業車利用のための交通規制と比較して、交通規制による交通阻害を、より小さくする、または、無くすることができる。
基本要件	変状の把握、評価が、従来の点検方法と比較して、より効率的になり、また、より正確になる或いはバラツキが減少し、且つ、それらの効果に対する経済性が妥当である。
基本要件	現場での点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。この場合、公募技術本体における安全対策に限らず、危険箇所に対する立ち入り禁止等の措置も含む。
基本要件	従来の点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。
基本要件	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。
期待項目	点検において、外光（太陽光）や照明の影響を受け難いこと。
期待項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと。
期待項目	今回の検証現場以外でも、より多くの現場において効果を発揮すること。（汎用性）

判定凡例 ○：良好 △：可 ×：課題が残る

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	実用検証
-----------	------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 トンネル維持管理部会

技術名称	走行型高精細画像計測システム(トンネルトレーサー)															
応募者	中外テクノス株式会社															
共同開発者																
技術概要 (自己申告)	<p>民生用4Kビデオカメラを使用した高解像度の覆工面画像を取得するシステム。民生機を使用することで、装置全体をコンパクトにできる。カメラの配置により撮影範囲及び解像度を自在に変更でき、狭隘な水路トンネル等への対応が可能。</p> <p>覆工表面を高い解像度で撮影することで、発生している変状を正確に記録する。交通規制なしで撮影ができ、50km/hの速度では0.3mm以上のひび割れを検知する。交通規制内の低速撮影では画像は近接点検時と同等の解像感のある高精細な画像が得られ、覆工面の状態をより正確に記録することができる。</p>	<p>(外観・イメージ)</p>  														
対象分野	トンネル維持管理															
技術構成	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">移動機構</td> <td>一般車両</td> <td>0.8tトラック</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">センサー</td> <td>ビデオカメラ</td> <td>4Kカメラ:11台</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">データ処理</td> <td>静止画変換処理</td> <td>TMPGEnc Video Mastering Works 6(ペガシス)</td> </tr> <tr> <td>画像補正・結合処理</td> <td>自社開発ソフト</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">その他</td> <td>変状検出</td> <td>自社開発ソフト</td> </tr> </table>		移動機構	一般車両	0.8tトラック	センサー	ビデオカメラ	4Kカメラ:11台	データ処理	静止画変換処理	TMPGEnc Video Mastering Works 6(ペガシス)	画像補正・結合処理	自社開発ソフト	その他	変状検出	自社開発ソフト
移動機構	一般車両	0.8tトラック														
センサー	ビデオカメラ	4Kカメラ:11台														
データ処理	静止画変換処理	TMPGEnc Video Mastering Works 6(ペガシス)														
	画像補正・結合処理	自社開発ソフト														
その他	変状検出	自社開発ソフト														
問合せ先	中外テクノス株式会社 中部支社 工業計測室 大崎 隆浩 Tel: 052-739-3708 E-Mail: t.osaki@chugai-tec.co.jp URL: http://www.chugai-tec.co.jp/															
検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)															
検証場所	宮ヶ瀬ダム管理用トンネル(神奈川県相模原市), 施工技術総合研究所模擬トンネル(静岡県富士市)															
検証内容	<p>(施工技術総合研究所模擬トンネル) 4Kカメラによる試験計測 【検証実施日】平成27年10月19日</p> <p>(宮ヶ瀬ダム管理用トンネル) 従来点検前にロボットによる計測を行い、その結果を参考とすることによる点検の効率化・省人化についての検証 および、ひび割れ模擬供試体による検出精度の検証 【検証実施日】平成27年10月27日 カメラの最適計測設定条件の確認検証 【検証実施日】平成27年11月11日 従来点検後にロボットによる計測を行い、従来点検のスケッチ作業省略による点検の効率化・省人化についての検証 【検証実施日】平成27年12月1日</p>	  <p style="text-align: right;">覆工画像</p>														

技術名称	走行型高精細画像計測システム(トンネルレーザー)
評価結果【実用検証評価】	評価対象シナリオ【シナリオ1】
検証項目	【1】トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状(ひび割れ、うき、はく離、はく落、変形、漏水など)の全てまたは一部に対して、 近接目視の支援 ができる技術・システム
・ 試行的導入に向けた検証を推奨する	
総合評価	<p>【技術概要】 一般車両の荷台に設置された4Kカメラで、走行しながら覆工画像を撮影する技術</p> <p>【検証結果】 従来点検前の計測では、従来点検の内業作業時間短縮が確認された。 変状検出において、更なる検出精度の向上および誤検出の低減が望まれる。 データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化を図り、点検作業全体としての効率化や省人化が望まれる。</p> <p>【総合評価】 一定の点検支援効果が確認されたため、試行的導入に向けた検証を推奨する。</p>
課題	【実用レベルでのロボット活用効果】 多種多様なトンネルにおいて実用レベルの点検でロボットを活用し、計測結果提出までの所要時間、歩掛調査、ロボット導入効果等の確認
想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・車道より視認できる部分を対象に、近接目視の支援として利用できる(ジェットファン、照明灯具等の背面は対象外) <p>【留意事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・通行規制を必要としないが、降雨時の計測は不可 ・撮影時、歩行者等が写り込まない対策を必要とする
期待される活用場面 評価対象とした活用場面	・ 従来点検前にロボットによる計測を行い 、その結果を参考に従来点検を行うことにより、従来点検(近接目視・打音検査・チョーキング)の効率化、省人化および通行規制時間の短縮等を目指す。
期待される 改良・開発事項	<p>【作業の効率化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化が望まれる <p>【検出精度の向上】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・変状検出において、更なる検出精度の向上および誤検出の低減が望まれる

参考：今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証トンネルの諸条件下での結果)

検 証 項 目	判 定
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」にて定義するトンネル本体内に対して、同要領に記載された近接目視による点検の支援を通じて、「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。
基本要件	当該技術・システムにより、通常の近接目視における高所作業車利用のための交通規制と比較して、交通規制による交通阻害を、より小さくする、または、無くすることができる。
基本要件	変状の把握、評価が、従来の点検方法と比較して、より効率的になり、また、より正確になる或いはバラツキが減少し、且つ、それらの効果に対する経済性が妥当である。
基本要件	現場での点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。この場合、公募技術本体における安全対策に限らず、危険箇所に対する立ち入り禁止等の措置も含む。
基本要件	従来の点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。
基本要件	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。
期待項目	点検において、外光(太陽光)や照明の影響を受け難いこと。
期待項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと。
期待項目	今回の検証現場以外でも、より多くの現場において効果を発揮すること。(汎用性)

判定凡例 ○:良好 △:可 ×:課題が残る

技術名称	走行型高精細画像計測システム(トンネルレーザー)
評価結果【実用検証評価】	評価対象シナリオ【シナリオ2】
検証項目	【1】トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状(ひび割れ、うき、はく離、はく落、変形、漏水など)の全てまたは一部に対して、 近接目視の支援 ができる技術・システム
・ 試行的導入に向けた検証を推奨する	
総合評価	<p>【技術概要】 一般車両の荷台に設置された4Kカメラで、走行しながら覆工画像を撮影する技術</p> <p>【検証結果】 従来点検後の計測では、交通規制なしで従来点検の点検結果を正確に記録されることが確認された。データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化を図り、点検作業全体としての効率化や省人化が望まれる。</p> <p>【総合評価】 一定の点検支援効果が確認されたため、試行的導入に向けた検証を推奨する。</p>
課題	【実用レベルでのロボット活用効果】 多種多様なトンネルにおいて実用レベルの点検でロボットを活用し、計測結果提出までの所要時間、歩掛調査、ロボット導入効果等の確認
想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・車道より視認できる部分を対象に、近接目視の支援として利用できる(ジェットファン、照明灯具等の背面は対象外) <p>【留意事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・通行規制を必要としないが、降雨時の計測は不可 ・撮影時、歩行者等が写り込まない対策を必要とする
期待される活用場面 評価対象とした活用場面	・従来点検による 近接目視・打音検査・チョーキングが終了した状態でロボットによる計測を行い 、変状展開図等を作成する。これによりスケッチ作業を省略し、点検作業の効率化、省人化、正確性の向上および通行規制時間の短縮を目指す。
期待される改良・開発事項	<p>【作業の効率化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化が望まれる

参考：今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証トンネルの諸条件下)

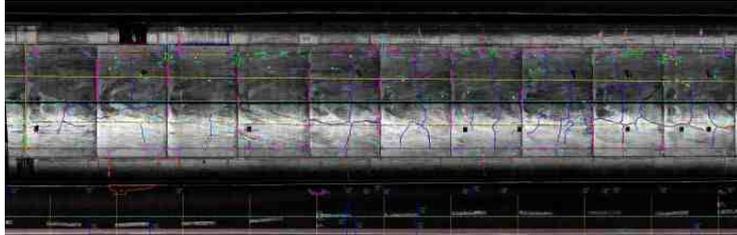
検 証 項 目	判 定
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」にて定義するトンネル本体内に対して、同要領に記載された近接目視による点検の支援を通じて、「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。
基本要件	当該技術・システムにより、通常の近接目視における高所作業車利用のための交通規制と比較して、交通規制による交通阻害を、より小さくする、または、無くすることができる。
基本要件	変状の把握、評価が、従来の点検方法と比較して、より効率的になり、また、より正確になる或いはバラツキが減少し、且つ、それらの効果に対する経済性が妥当である。
基本要件	現場での点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。この場合、公募技術本体における安全対策に限らず、危険箇所に対する立ち入り禁止等の措置も含む。
基本要件	従来の点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。
基本要件	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。
期待項目	点検において、外光(太陽光)や照明の影響を受け難いこと。
期待項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと。
期待項目	今回の検証現場以外でも、より多くの現場において効果を発揮すること。(汎用性)

判定凡例 ○:良好 △:可 □:課題が残る ×:不可

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	実用検証
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 トンネル維持管理部会

技術名称	MMSによるトンネル点検支援技術													
応募者	株式会社アスコ													
共同開発者														
技術概要 (自己申告)	<p>MMSに搭載したレーザーによって覆工に描かれたチョークの記録を正確に捕捉し変状展開図の作成を支援する技術。従来にない高密度なレーザースキャンと世界最高水準の精度を持つGNSS/IMUを使って得た覆工上の点群を、そのまま白黒画像のように展開することで三次元化処理やオルソ画像の作成などを省いて、より素早く高精度に変状展開図が作成できる。これによって現場での変状記録者は不要となると同時に高精度な変状位置の記録が可能となる。</p>	<p>(外観・イメージ)</p> 												
対象分野	トンネル維持管理													
技術構成	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">移動機構</td> <td style="text-align: center;">一般車両</td> <td style="text-align: center;">1Box車</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">センサー</td> <td>MMSレーザースキャナー</td> <td>レーザースキャナー (100万点/s, 200回/s走査数): 2台</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">データ処理</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">その他</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		移動機構	一般車両	1Box車	センサー	MMSレーザースキャナー	レーザースキャナー (100万点/s, 200回/s走査数): 2台	データ処理			その他		
移動機構	一般車両	1Box車												
センサー	MMSレーザースキャナー	レーザースキャナー (100万点/s, 200回/s走査数): 2台												
データ処理														
その他														
問合せ先	株式会社アスコ インベーション室 楠本 博 Tel: 06-6282-0310 E-Mail: h-kusumoto@asco-ce.co.jp URL: http://www.asco-ce.co.jp/asco/index.php													
検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)													
検証場所	宮ヶ瀬ダム管理用トンネル(神奈川県相模原市)													
検証内容	<p>(宮ヶ瀬ダム管理用トンネル) 応募者による2種類の従来点検(通常の点検とチョーキング作業を簡略化した点検)を実施し、その後ロボットによるスケッチ計測を行い、チョーキング、スケッチ作業の効率化・省人化について検証 【検証実施日】 平成27年11月24日, 25日</p>	  <p style="text-align: center;">覆工画像</p> 												

技術名称	MMSによるトンネル点検支援技術
評価結果【要素検証評価】	評価対象シナリオ【シナリオ2】
検証項目	【1】トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状（ひび割れ、うき、はく離、はく落、変形、漏水など）の全てまたは一部に対して、 近接目視の支援 ができる技術・システム
今回は十分な検証ができていない	
総合評価	<p>【技術概要】 一般車両（1BOX）に搭載されたMMSレーザースキャナーで、走行しながら覆工画像および3次元点群画像を取得する技術</p> <p>【検証結果】 応募者において実施した今回の検証結果では、従来点検の外業時間、内業時間の短縮や点検結果を正確に記録されていることが確認された。 今回の検証場所はたたき落とし箇所が多く、その作業時間が長く掛かったため、今回の検証結果からは、チョーキング作業の簡略化による効率化については、顕著には確認されなかった。 種々の覆工面や通常の点検で実施されているチョーキングの状態においても、確実に正確なチョーキング情報の抽出が可能となる撮影方法やシステムの更なる改良が望まれる。</p> <p>【総合評価】 今後の開発状況により、通常の点検で実施されているチョーキングにおいて、チョーキングの抽出精度や点検記録の正確性が確認された場合は、通行規制を必要としないことも踏まえて試行的導入に向けた検証の可能性を検討する。</p>
評価の理由	今回の検証は、応募者が実施した点検によるチョーキングを計測する検証のみで、通常の点検によるチョーキングに対する適用性の確認ができなかったため。
想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・車道より視認できる部分を対象に、近接目視の支援として利用できる（ジェットファン、照明灯具等の背面は対象外） 【留意事項】 ・通行規制を必要としないが、降雨時の計測は不可 ・撮影時、歩行者等や一般車両が写り込まない対策を必要とする ・通常のトンネル点検によるチョーキングの計測についての検証が必要
期待される活用場面 評価対象とした活用場面	・ 従来点検による近接目視・打音検査・チョーキングが終了した状態でロボットによる計測を行い 、変状展開図等を作成する。これによりスケッチ作業を省略し、点検作業の効率化を目指す
期待される改良・開発事項	<p>【計測システムの改良】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・チョーキング情報の抽出について、種々の覆工面やチョーキングの状態に対応可能な撮影方法やシステムの更なる改良が望まれる

【要素検証評価】・・・実用検証を実施したが、開発中の技術のため、確認された【基本要件】の一部で要素検証として評価を行った。

参考：今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果（今回の検証トンネルの諸条件下での結果）

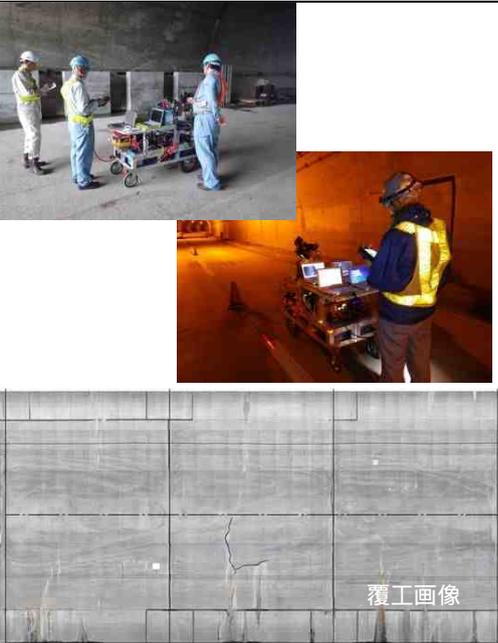
検証項目		判定
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」にて定義するトンネル本体工に対して、同要領に記載された近接目視による点検の支援を通じて、「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。	
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。	
基本要件	当該技術・システムにより、通常の近接目視における高所作業車利用のための交通規制と比較して、交通規制による交通阻害を、より小さくする、または、無くすることができる。	
基本要件	変状の把握、評価が、従来の点検方法と比較して、より効率的になり、また、より正確になる或いはバラツキが減少し、且つ、それらの効果に対する経済性が妥当である。	
基本要件	現場での点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。この場合、公募技術本体における安全対策に限らず、危険箇所に対する立ち入り禁止等の措置も含む。	
基本要件	従来の点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。	
基本要件	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。	
期待項目	点検において、外光（太陽光）や照明の影響を受け難いこと。	
期待項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと。	
期待項目	今回の検証現場以外でも、より多くの現場において効果を発揮すること。（汎用性）	

判定凡例 ○：良好 △：可 □：課題が残る ×：不可

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	実用検証
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 トンネル維持管理部会

技術名称	デジカメ画像と赤外線熱画像を用いた画像診断システム「HIVIDAS(ヒビダス)」															
応募者	清水建設株式会社															
共同開発者	株式会社保全工学研究所、倉敷紡績株式会社															
技術概要 (自己申告)	<p>本技術は、デジタルカメラによる可視画像と赤外線カメラによる熱画像を同時に連続して撮影し、画像処理ソフトにより重ね合わせたハイブリッド画像を接合して、ひび割れや浮き等の変状を効率的に抽出・図化するシステムである。装置は、移動式架台に、デジタルカメラと赤外線カメラ等を搭載したものでコンパクトであり、人力で運搬・組立・撮影ができる。</p>	<p>(外観・イメージ)</p> 														
対象分野	トンネル維持管理															
技術構成	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">移動機構</td> <td style="width: 30%;">専用台車</td> <td>駆動装置付 (幅620mm、長さ1320mm、機器搭載総重量 80kg)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">センサー</td> <td>デジタルカメラ</td> <td>2200万画素：2台</td> </tr> <tr> <td>赤外線カメラ</td> <td>30万画素、分解能0.02 : 2台</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>画像処理、接合、変状抽出、展開図作成</td> <td>Kuraves-Ultimate (クラヴェス-アルチメイト)クラボウ社製</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		移動機構	専用台車	駆動装置付 (幅620mm、長さ1320mm、機器搭載総重量 80kg)	センサー	デジタルカメラ	2200万画素：2台	赤外線カメラ	30万画素、分解能0.02 : 2台	データ処理	画像処理、接合、変状抽出、展開図作成	Kuraves-Ultimate (クラヴェス-アルチメイト)クラボウ社製	その他		
移動機構	専用台車	駆動装置付 (幅620mm、長さ1320mm、機器搭載総重量 80kg)														
センサー	デジタルカメラ	2200万画素：2台														
	赤外線カメラ	30万画素、分解能0.02 : 2台														
データ処理	画像処理、接合、変状抽出、展開図作成	Kuraves-Ultimate (クラヴェス-アルチメイト)クラボウ社製														
その他																
問合せ先	清水建設株式会社 土木技術本部基盤技術部 久保 昌史 Tel: 03-3561-3915 E-Mail: kubo.m@shimz.co.jp URL: http://www.shimz.co.jp/															
検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)															
検証場所	宮ヶ瀬ダム管理用トンネル(神奈川県相模原市)、施工技術総合研究所模擬トンネル(静岡県富士市)															
検証内容	<p>(施工技術総合研究所模擬トンネル) 打音検査用供試体による検出精度検証 および、大断面トンネルへの適応性検証 【検証実施日】平成27年11月9日</p> <p>(宮ヶ瀬ダム管理用トンネル) 従来点検前にロボットによる計測を行い、その結果を参考とすることによる点検の効率化・省人化についての検証 および、ひび割れ模擬供試体による検出精度の検証 【検証実施日】平成27年10月23日 従来点検後にロボットによる計測を行い、従来点検のスケッチ作業省略による点検の効率化・省人化についての検証 【検証実施日】平成27年11月30日</p>															

技術名称	デジカメ画像と赤外線熱画像を用いた画像診断システム「HIVIDAS(ヒビダス)」
評価結果【実用検証評価】	評価対象シナリオ【シナリオ1】
検証項目	【1】トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状（ひび割れ、うき、はく離、はく落、変形、漏水など）の全てまたは一部に対して、 近接目視の支援 ができる技術・システム
・課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨する	
総合評価	<p>【技術概要】 駆動装置付きの専用架台に搭載したデジタルカメラと赤外線カメラで、移動しながら覆工面の可視画像と熱画像を撮影する技術</p> <p>【検証結果】 従来点検前の計測では、従来点検の内業作業時間の短縮および従来点検の規制時間の短縮が確認された。 変状検出において、更なる検出精度の向上および誤検出の低減が望まれる。 データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化を図り、点検作業全体としての効率化や省人化が望まれる。 ロボット計測時の通行規制時間の更なる短縮が望まれる。 打音検査用供試体の検証では、赤外線熱画像による変状検出により人が検出できない変状についても検出可能であることが確認された。 通行規制が必要な技術であるが、左右の歩道からの撮影で、覆工全面の画像取得が可能であるため、車両規制の影響低減の効果の可能性はある。</p> <p>【総合評価】 課題はあるが、一定の点検支援効果が確認されたため、課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨する。</p>
課題	【検出精度の向上】 変状の検出精度を高める改良が必要
想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・車道より視認できる部分を対象に、近接目視の支援として利用できる(ジェットファン、照明灯具等の背面は対象外) <p>【留意事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・交通規制を必要とする <p>(ただし、左右の歩道からの撮影で覆工全面の撮影も可能)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・撮影時、歩行者等や一般車両が写り込まない対策を必要とする
期待される活用場面 評価対象とした活用場面	<ul style="list-style-type: none"> ・従来点検前にロボットによる計測を行い、その結果を参考に従来点検を行うことにより、従来点検(近接目視・打音検査・チョーキング)の効率化、省人化および通行規制時間の短縮等を目指す。
期待される 改良・開発事項	<p>【作業の効率化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化が望まれる <p>【検出精度の向上】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・変状検出において、更なる検出精度の向上および誤検出の低減が望まれる <p>【計測システムの改良】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・通行規制時間の更なる短縮が望まれる

参考：今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証トンネルの諸条件下での結果)

検 証 項 目	判 定
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」にて定義するトンネル本体工に対して、同要領に記載された近接目視による点検の支援を通じて、「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。
基本要件	当該技術・システムにより、通常の近接目視における高所作業車利用のための交通規制と比較して、交通規制による交通阻害を、より小さくする、または、無くすることができる。
基本要件	変状の把握、評価が、従来の点検方法と比較して、より効率的になり、また、より正確になる或いはバラツキが減少し、且つ、それらの効果に対する経済性が妥当である。
基本要件	現場での点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。この場合、公募技術本体における安全対策に限らず、危険箇所に対する立ち入り禁止等の措置も含む。
基本要件	従来点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。
基本要件	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。
期待項目	点検において、外光(太陽光)や照明の影響を受け難いこと。
期待項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと。
期待項目	今回の検証現場以外でも、より多くの現場において効果を発揮すること。(汎用性)

判定凡例 : 良好 : 可 : 課題が残る x : 不可

技術名称	デジカメ画像と赤外線熱画像を用いた画像診断システム「HIVIDAS(ヒビダス)」
評価結果【実用検証評価】	評価対象シナリオ【シナリオ2】
検証項目	【1】トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状（ひび割れ、うき、はく離、はく落、変形、漏水など）の全てまたは一部に対して、 近接目視の支援 ができる技術・システム
・課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨する	
総合評価	<p>【技術概要】 駆動装置付きの専用架台に搭載したデジタルカメラと赤外線カメラで、移動しながら覆工面の可視画像と熱画像を撮影する技術</p> <p>【検証結果】 点検後の計測では、従来点検に比べてスケッチ作業時間は同等であったが、鮮明な覆工画像が記録されることや内業時間の短縮は確認された。ただし、展開図作成の段階で、作成者の判断により、記載されていない変状が確認された。最終的な出力データとして、チョーキングの抽出精度を高める必要がある。 従来点検後の計測では、技術の特性上、通行規制が必要ではあるが、従来点検時の規制下でロボットを導入することにより点検作業全体としての効率化の可能性はある。</p> <p>【総合評価】 課題はあるが、一定の点検支援効果が確認されたため、課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨する。</p>
課題	【抽出精度の向上】 チョーキングの抽出精度を高める改良が必要
想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・車道より視認できる部分を対象に、近接目視の支援として利用できる（ジェットファン、照明灯具等の背面は対象外） 【留意事項】 ・交通規制を必要とする（ただし、左右の歩道からの撮影で覆工面全面の撮影も可能） ・撮影時、歩行者等や一般車両が写り込まない対策を必要とする
期待される活用場面 評価対象とした活用場面	<ul style="list-style-type: none"> ・従来点検による近接目視・打音検査・チョーキングが終了した状態でロボットによる計測を行い、変状展開図等を作成する。これによりスケッチ作業を省略し、点検作業の効率化、省人化、正確性の向上および通行規制時間の短縮を目指す。
期待される 改良・開発事項	<p>【作業の効率化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化が望まれる <p>【抽出精度の向上】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・チョーキング情報の抽出において、更なる正確性の向上が望まれる

参考：今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果（今回の検証トンネルの諸条件下での結果）

検証項目		判定
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」にて定義するトンネル本体工に対して、同要領に記載された近接目視による点検の支援を通じて、「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。	
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。	
基本要件	当該技術・システムにより、通常の近接目視における高所作業車利用のための交通規制と比較して、交通規制による交通阻害を、より小さくする、または、無くすることができる。	
基本要件	変状の把握、評価が、従来の点検方法と比較して、より効率的になり、また、より正確になる或いはバラツキが減少し、且つ、それらの効果に対する経済性が妥当である。	
基本要件	現場での点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。この場合、公募技術本体における安全対策に限らず、危険箇所に対する立ち入り禁止等の措置も含む。	
基本要件	従来の点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。	
基本要件	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。	
期待項目	点検において、外光（太陽光）や照明の影響を受け難いこと。	
期待項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと。	
期待項目	今回の検証現場以外でも、より多くの現場において効果を発揮すること。（汎用性）	

判定凡例 ○：良好 △：可 □：課題が残る ×：不可

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果

実用検証

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 トンネル維持管理部会

技術名称	ポール型打音検査機															
応募者	日本電気株															
共同開発者	自律制御システム研究所、産業技術総合研究所、首都高速道路技術センター															
技術概要 (自己申告)	<p>手の届かない高さの打音点検箇所を足場なしでポール型打音検査機を利用して打音点検をするシステムである。</p> <p>点検員が打音点検すべき箇所を判断し、その箇所にポール型打音検査機のセンサヘッド部を押し当て、打音手点検を実施。打音した際の清音・濁音の判断が可能な音声データを点検員に伝送する。</p>	<p>(外観・イメージ)</p> 														
対象分野	トンネル維持管理															
技術構成	<table border="1"> <tr> <td>移動機構</td> <td>手持ち式</td> <td>ポール型ソレノイド式打音検査機 (ポール全長 6.05m 総重量 3.7kg)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">センサー</td> <td>音響マイク</td> <td>指向特性 単一指向性 周波数特性 100 ~ 15000[Hz]</td> </tr> <tr> <td>振動センサ</td> <td>感度 0.2[mV/m/s²] 周波数帯域 10 ~ 15000[Hz]</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		移動機構	手持ち式	ポール型ソレノイド式打音検査機 (ポール全長 6.05m 総重量 3.7kg)	センサー	音響マイク	指向特性 単一指向性 周波数特性 100 ~ 15000[Hz]	振動センサ	感度 0.2[mV/m/s ²] 周波数帯域 10 ~ 15000[Hz]	データ処理			その他		
移動機構	手持ち式	ポール型ソレノイド式打音検査機 (ポール全長 6.05m 総重量 3.7kg)														
センサー	音響マイク	指向特性 単一指向性 周波数特性 100 ~ 15000[Hz]														
	振動センサ	感度 0.2[mV/m/s ²] 周波数帯域 10 ~ 15000[Hz]														
データ処理																
その他																
問合せ先	日本電気株式会社 交通・都市基盤事業部 グローバルシステム開発部 西沢 俊広 Tel: 042-333-1621 E-Mail: nishizawa@bk.jp.nec.com URL: http://jpn.nec.com/															
検証項目	[2] (詳細内容は、本書p.2に記載)															
検証場所	施工技術総合研究所模擬トンネル(静岡県富士市)															
検証内容	<p>(施工技術総合研究所模擬トンネル)</p> <p>打音検査用模擬供試体による検出精度、環境音の影響確認検証 および、高所部での作業性、動作確認</p> <p>【検証実施日】 平成27年11月4日</p>															

技術名称	ボール型打音検査機
評価結果【要素検証評価】	評価対象シナリオ【その他】
検証項目	[2]トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状(うき、はく離、はく落、打継目の目地切れなど)の全てまたは一部に対して、 打音検査の支援 ができる技術・システム
今回は十分な検証ができていない	
総合評価	<p>【技術概要】 ボール型のソレノイド式打音検査機で、覆工面の打音音声データを点検員に伝送し、清音・濁音の判断を可能とする技術</p> <p>【検証結果】 打音検査用供試体の検証では、変状深さ10mm程度の変状判定においては、有効であることが確認された。また、人が検出できない変状についても検出可能であることも確認された。 エンジン音等の環境音の影響はないことが確認された。</p> <p>【総合評価】 今後の開発状況により、機器軽量化等による操作性の向上や点検者による変状検出精度のバラツキ低減等の改良が実施され、実トンネルの点検作業に導入することで、点検作業の効率化の効果が確認された場合は、試行的導入に向けた検証の可能性を検討する。</p>
評価の理由	今回の検証では、実トンネルにおける実用レベルでの検証が実施されなかったため。
想定される適用範囲	<p>・高さ6.0m程度以下もしくは、高所作業車等が使用できる場所で、点検者が打音検査機を当てることが可能な箇所において、打音検査の支援として利用できる(台形目地部の奥やジェットファン、照明灯具等の際や背面等は対象外)</p> <p>【留意事項】 ・高所作業車を使用する場合や通行車両、一般者に影響を及ぼす場合は、通行規制を必要とする。</p>
期待される活用場面 評価対象とした活用場面	・ 従来点検作業時に、点検者の手が届かない場所等で打音検査の補助 としてロボット(打音検査機)を利用することで、点検作業の効率化を目指す
期待される改良・開発事項	<p>【システムの開発促進】 ・変状自動判別システムの開発により、変状検出精度の向上や点検者によるバラツキの低減が望まれる</p> <p>【計測機器の軽量化】 ・機器の軽量化により、点検者の負担軽減が望まれる</p>

【要素検証評価】・・・実用検証を実施したが、開発中の技術のため、確認された【基本要件】の一部で要素検証として評価を行った。

参考：今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証トンネルの諸条件下での結果)

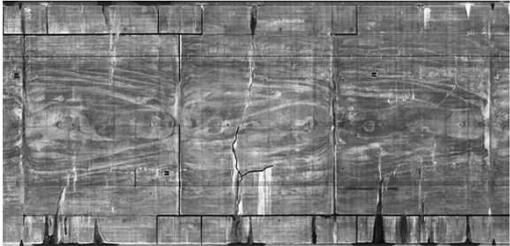
検証項目		判定
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」にて定義するトンネル本体内に対して、同要領に記載された打音検査の支援を通じて、「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。	
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。	
基本要件	当該技術・システムにより、通常の打音検査における高所作業車利用のための交通規制と比較して、交通規制による交通阻害を増加させない。	
基本要件	変状の把握、評価が、従来の点検方法と比較して、より効率的になり、また、より正確になる或いはバラツキが減少し、且つ、それらの効果に対する経済性が妥当である。	
基本要件	現場での点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。この場合、公募技術本体における安全対策に限らず、危険箇所に対する立ち入り禁止等の措置も含む。	
基本要件	従来の点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。	
基本要件	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。	
期待項目	狭隘部等、人が近づけない、または、近づき難い箇所の点検ができること。	
期待項目	点検において、外光(太陽光)や照明の影響を受け難いこと。	
期待項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと。	

判定凡例 : 良好 : 可 : 課題が残る x : 不可

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	実用検証 (赤外線画像計測は要素検証)
------------------	----------------------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 トンネル維持管理部会

技術名称	トンネル覆工レーザー・赤外線画像計測システム																			
応募者	日本工営株式会社																			
共同開発者	株式会社トノックス、株式会社ウォールナット																			
技術概要 (自己申告)	<p>本技術は、2つの画像計測技術を組み合わせ、トンネル覆工点検の効率化・高速化を図る。画像計測は両技術とも時速40～60kmで交通規制なしで実施可能なものを目指す。</p> <p>レーザースキャニング方式により覆工表面のひび割れ等の目視調査で確認可能な変状について画像記録を行うもので、開発済みである。</p> <p>赤外線サーモグラフィ技術により覆工表面の温度画像を撮影し、自然状態で生じる温度差から覆工コンクリートの剥離箇所を抽出しようとするもので開発中の技術である。</p>	<p>(外観・イメージ)</p>  <p>レーザースキャニング計測</p>  <p>赤外線画像計測</p>																		
対象分野	トンネル維持管理																			
技術構成	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>移動機構</td> <td>専用車両</td> <td>全長6.79m×全幅2.26m×全高3.20m 重量7.63t</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">センサー</td> <td>レーザースキャナー</td> <td>アルゴンイオンガスレーザー(4W) 六角計スキャナ 21000回転/分×6(走査数)</td> </tr> <tr> <td>赤外線カメラ</td> <td>分解能 0.08 画像データ画素数 256ドット/ライン</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">データ処理</td> <td>画像処理</td> <td>画像合成ソフト</td> </tr> <tr> <td>変状展開図</td> <td>クラックドロー</td> </tr> <tr> <td>熱画像処理・解析</td> <td>自社開発ソフト</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		移動機構	専用車両	全長6.79m×全幅2.26m×全高3.20m 重量7.63t	センサー	レーザースキャナー	アルゴンイオンガスレーザー(4W) 六角計スキャナ 21000回転/分×6(走査数)	赤外線カメラ	分解能 0.08 画像データ画素数 256ドット/ライン	データ処理	画像処理	画像合成ソフト	変状展開図	クラックドロー	熱画像処理・解析	自社開発ソフト	その他		
移動機構	専用車両	全長6.79m×全幅2.26m×全高3.20m 重量7.63t																		
センサー	レーザースキャナー	アルゴンイオンガスレーザー(4W) 六角計スキャナ 21000回転/分×6(走査数)																		
	赤外線カメラ	分解能 0.08 画像データ画素数 256ドット/ライン																		
データ処理	画像処理	画像合成ソフト																		
	変状展開図	クラックドロー																		
	熱画像処理・解析	自社開発ソフト																		
その他																				
問合せ先	日本工営株式会社 インフラマネジメント事業部アセットマネジメント技術部 中村 美夫 Tel: 03-3238-8110 E-Mail: a2461@n-koei.co.jp URL: http://www.n-koei.co.jp/																			
検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)																			
検証場所	宮ヶ瀬ダム管理用トンネル(神奈川県相模原市)、施工技術総合研究所模擬トンネル(静岡県富士市)																			
検証内容	<p>(施工技術総合研究所模擬トンネル)</p> <p>打音検査用供試体によるミスト噴霧と赤外線計測の検証 【検証実施日】平成27年10月20日</p> <p>(宮ヶ瀬ダム管理用トンネル)</p> <p>従来点検前にロボットによる計測を行い、その結果を参考とすることによる点検の効率化・省人化についての検証および、ひび割れ模擬供試体による検出精度の検証 【検証実施日】平成27年10月27日</p> <p>従来点検前にロボットによる計測を行い、その結果を使用した応募者による従来点検の効率化・省人化についての検証 および、ミスト噴霧と赤外線計測の検証 【検証実施日】平成27年11月2日</p> <p>従来点検後にロボットによる計測を行い、従来点検のスケッチ作業省略による点検の効率化・省人化についての検証 【検証実施日】平成27年12月2日</p>	 <p>覆工画像</p> 																		

技術名称	トンネル覆工レーザー・赤外線画像計測システム
評価結果【実用検証評価】	評価対象シナリオ【シナリオ1】
検証項目	【1】トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状（ひび割れ、うき、はく離、はく落、変形、漏水など）の全てまたは一部に対して、 近接目視の支援 ができる技術・システム
・課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨する	
総合評価	<p>【技術概要】 (実用検証技術:レーザー・スキャナー) 専用車両に搭載されたレーザー・スキャナーで、走行しながら覆工画像を撮影する技術 (要素検証技術:赤外線画像計測) 一般車両に搭載した赤外線カメラで、走行しながら覆工面の熱画像を計測する技術</p> <p>【検証結果】 (実用検証技術:レーザー・スキャナー) 従来点検前の計測では、従来点検の内業作業時間短縮が確認された。 変状検出において、更なる検出精度の向上および誤検出の低減が望まれる。 変状の検出精度の向上を図り、点検作業全体としての効率化や省人化が望まれる。 (要素検証技術:赤外線画像計測) 冷却方法、気温・湿度の計測環境の影響、解析方法等の更なる検討が望まれる。 従来点検前の計測では、従来点検の内業作業時間短縮が確認された。</p> <p>【総合評価】 課題はあるが、一定の点検支援効果が確認されたため、課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨する。</p>
課題	【検出精度の向上】 変状の検出精度を高める改良が必要
想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・車道より視認できる部分を対象に、近接目視の支援として利用できる(ジェットファン、照明灯具等の背面は対象外) <p>【留意事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・通行規制を必要としないが、降雨時の計測は不可(但し小雨時の計測は可) ・撮影時、歩行者等が写り込まない対策を必要とする ・覆工画像は、256譜調のモノクロ画像となる
期待される活用場面 評価対象とした活用場面	・ 従来点検前にロボットによる計測を行い 、その結果を参考に従来点検を行うことにより、従来点検(近接目視・打音検査・チョーキング)の効率化、省人化および通行規制時間の短縮等を目指す。
期待される改良・開発事項	【検出精度の向上】 ・変状検出において、更なる検出精度の向上および誤検出の低減が望まれる

参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証トンネルの諸条件下での結果)

検 証 項 目	判 定
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」にて定義するトンネル本体内に対して、同要領に記載された近接目視による点検の支援を通じて、「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。
基本要件	当該技術・システムにより、通常の近接目視における高所作業車利用のための交通規制と比較して、交通規制による交通阻害を、より小さくする、または、無くすることができる。
基本要件	変状の把握、評価が、従来の点検方法と比較して、より効率的になり、また、より正確になる或いはバラツキが減少し、且つ、それらの効果に対する経済性が妥当である。
基本要件	現場での点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。この場合、公募技術本体における安全対策に限らず、危険箇所に対する立ち入り禁止等の措置も含む。
基本要件	従来点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。
基本要件	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。
期待項目	点検において、外光(太陽光)や照明の影響を受け難いこと。
期待項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと。
期待項目	今回の検証現場以外でも、より多くの現場において効果を発揮すること。(汎用性)

判定凡例 :良好 :可 :課題が残る x:不可

技術名称	トンネル覆工レーザー・赤外線画像計測システム
評価結果【実用検証評価】	評価対象シナリオ【シナリオ2】
検証項目	【1】トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状（ひび割れ、うき、はく離、はく落、変形、漏水など）の全てまたは一部に対して、 近接目視の支援 ができる技術・システム
・ 試行的導入に向けた検証を推奨する	
総合評価	<p>【技術概要】 （レーザー scanner） 専用車両に搭載されたレーザー scanner で、走行しながら覆工画像を撮影する技術</p> <p>【検証結果】 （レーザー scanner） 従来点検後の計測では、交通規制なしで従来点検の点検結果を正確に記録されることが確認された。ただし、軽微な記載漏れがあるため、更なる正確性の向上が望まれる。 データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化を図り、点検作業全体としての効率化や省人化が望まれる。</p> <p>【総合評価】 一定の点検支援効果が確認されたため、試行的導入に向けた検証を推奨する。</p>
課題	【実用レベルでのロボット活用効果】 多種多様なトンネルにおいて実用レベルの点検でロボットを活用し、計測結果提出までの所要時間、歩掛調査、ロボット導入効果等の確認
想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・車道より視認できる部分を対象に、近接目視の支援として利用できる（ジェットファン、照明灯具等の背面は対象外） <p>【留意事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・通行規制を必要としないが、降雨時の計測は不可（但し小雨時の計測は可） ・撮影時、歩行者等が写り込まない対策を必要とする ・覆工画像は、256 階調のモノクロ画像となる
期待される活用場面 評価対象とした活用場面	・従来点検による 近接目視・打音検査・チョーキングが終了した状態でロボットによる計測を行い 、変状展開図等を作成する。これによりスケッチ作業を省略し、点検作業の効率化、省人化、正確性の向上および通行規制時間の短縮を目指す。
期待される 改良・開発事項	<p>【作業の効率化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化が望まれる

参考：今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果（今回の検証トンネルの諸条件下での結果）

検 証 項 目	判 定
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」にて定義するトンネル本体内に対して、同要領に記載された近接目視による点検の支援を通じて、「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。
基本要件	当該技術・システムにより、通常の近接目視における高所作業車利用のための交通規制と比較して、交通規制による交通阻害を、より小さくする、または、無くすることができる。
基本要件	変状の把握、評価が、従来の点検方法と比較して、より効率的になり、また、より正確になる或いはバラツキが減少し、且つ、それらの効果に対する経済性が妥当である。
基本要件	現場での点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。この場合、公募技術本体における安全対策に限らず、危険箇所に対する立ち入り禁止等の措置も含む。
基本要件	従来の点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。
基本要件	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。
期待項目	点検において、外光（太陽光）や照明の影響を受け難いこと。
期待項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと。
期待項目	今回の検証現場以外でも、より多くの現場において効果を発揮すること。（汎用性）

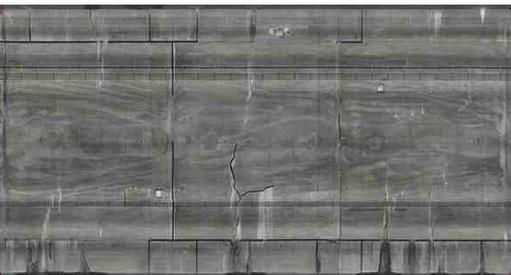
判定凡例 : 良好 : 可 : 課題が残る x : 不可

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果

実用検証

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 トンネル維持管理部会

技術名称	走行型高速3Dトンネル点検システム MIMM-R(ミーム・アール)																					
応募者	パシフィックコンサルタンツ株式会社																					
共同開発者	計測検査株式会社、iシステムリサーチ株式会社、株式会社ウォールナット																					
技術概要 (自己申告)	トンネル覆工壁面の連続画像撮影システム、高精度三次元レーザー計測システム、非接触レーダー探査システムを車両に搭載し、覆工表面ひび割れ、漏水等の変状とトンネル断面形状、巻厚、背面空洞等を計測する。この技術を従来点検に併用支援することにより、トンネル点検を行うもので、交通規制が不要となるため安全性、効率性、省力化、省コスト化が図れる。	(外観・イメージ)  高精度レーザー 100万点/秒, 200サイズ/秒 5000点/周 (4mm間隔) レーダー LEDライト カメラ																				
対象分野	トンネル維持管理																					
技術構成	<table border="1"> <tr> <td>移動機構</td> <td>専用車両</td> <td>全長5.990m × 全幅1.995m × 全高3.690m</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">センサー</td> <td>3CCDカメラ</td> <td>38万画素:20台</td> </tr> <tr> <td>MMS</td> <td>高密度レーザー(100万点/S)</td> </tr> <tr> <td>MRS</td> <td>レーダー(1GHz)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">データ処理</td> <td>画像処理</td> <td>自社開発画像貼り合せソフト</td> </tr> <tr> <td>変状展開図</td> <td>自社開発変状展開図作成ソフト</td> </tr> <tr> <td>MMSデータ処理・解析</td> <td>自社開発点群データ後処理ソフト</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		移動機構	専用車両	全長5.990m × 全幅1.995m × 全高3.690m	センサー	3CCDカメラ	38万画素:20台	MMS	高密度レーザー(100万点/S)	MRS	レーダー(1GHz)	データ処理	画像処理	自社開発画像貼り合せソフト	変状展開図	自社開発変状展開図作成ソフト	MMSデータ処理・解析	自社開発点群データ後処理ソフト	その他		
移動機構	専用車両	全長5.990m × 全幅1.995m × 全高3.690m																				
センサー	3CCDカメラ	38万画素:20台																				
	MMS	高密度レーザー(100万点/S)																				
	MRS	レーダー(1GHz)																				
データ処理	画像処理	自社開発画像貼り合せソフト																				
	変状展開図	自社開発変状展開図作成ソフト																				
	MMSデータ処理・解析	自社開発点群データ後処理ソフト																				
その他																						
問合せ先	パシフィックコンサルタンツ株式会社 交通基盤事業本部 トンネル部 山本 秀樹 Tel: 03-6777-4763 E-Mail: tn-mimm@ss.pacific.co.jp URL: https://www.pacific.co.jp/																					
検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)																					
検証場所	宮ヶ瀬ダム管理用トンネル(神奈川県相模原市), 施工技術総合研究所模擬トンネル(静岡県富士市)																					
検証内容	<p>(施工技術総合研究所模擬トンネル) 打音検査用供試体にレーダー検出精度の検証 【検証実施日】平成27年10月22日</p> <p>(宮ヶ瀬ダム管理用トンネル) 従来点検前にロボットによる計測を行い、その結果を参考とすることによる点検の効率化・省人化についての検証 および、ひび割れ模擬供試体による検出精度の検証 【検証実施日】平成27年10月28日</p> <p>従来点検前にロボットによる計測を行い、その結果を使用した応募者による従来点検の効率化・省人化についての検証 【検証実施日】平成27年11月12日</p> <p>従来点検後にロボットによる計測を行い、従来点検のスケッチ作業省略による点検の効率化・省人化についての検証 【検証実施日】平成27年12月2日</p>	 覆工画 																				

技術名称	走行型高速3Dトンネル点検システム MIMM-R(ミーム・アール)
評価結果【実用検証評価】	評価対象シナリオ【シナリオ1】
検証項目	【1】トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状(ひび割れ、うき、はく離、はく落、変形、漏水など)の全てまたは一部に対して、 近接目視の支援 ができる技術・システム
・ 試行的導入に向けた検証を推奨する	
総合評価	<p>【技術概要】 専用車両に搭載された3CCDカメラで、走行しながら覆工画像を撮影およびMMS高密度レーザーとレーダーで、トンネル断面形状、巻厚、背面空洞等を計測する技術</p> <p>【検証結果】 従来点検前の計測では、従来点検の内業作業時間の短縮および従来点検の規制時間の短縮が確認された。 変状検出において、更なる検出精度の向上および誤検出の低減が望まれる。 データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化を図り、点検作業全体としての効率化や省人化が望まれる。</p> <p>【総合評価】 一定の点検支援効果が確認されたため、試行的導入に向けた検証を推奨する。</p>
課題	【実用レベルでのロボット活用効果】 多種多様なトンネルにおいて実用レベルの点検でロボットを活用し、計測結果提出までの所要時間、歩掛調査、ロボット導入効果等の確認
想定される適用範囲	<p>・車道より視認できる部分を対象に、近接目視の支援として利用できる(ジェットファン、照明灯具等の背面は対象外)</p> <p>【留意事項】 ・通行規制を必要としないが、降雨時の計測は不可 ・撮影時、歩行者等が写り込まない対策を必要とする</p>
期待される活用場面 評価対象とした活用場面	・ 従来点検前にロボットによる計測を行い 、その結果を参考に従来点検を行うことにより、従来点検(近接目視・打音検査・チョーキング)の効率化、省人化および通行規制時間の短縮等を目指す。
期待される 改良・開発事項	<p>【作業の効率化】 ・データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化が望まれる</p> <p>【検出精度の向上】 ・変状検出において、更なる検出精度の向上および誤検出の低減が望まれる</p>

参考：今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証トンネルの諸条件下での結果)

検 証 項 目	判 定
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」にて定義するトンネル本体工に対して、同要領に記載された近接目視による点検の支援を通じて、「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。
基本要件	当該技術・システムにより、通常の近接目視における高所作業車利用のための交通規制と比較して、交通規制による交通阻害を、より小さくする、または、無くすることができる。
基本要件	変状の把握、評価が、従来の点検方法と比較して、より効率的になり、また、より正確になる或いはバラツキが減少し、且つ、それらの効果に対する経済性が妥当である。
基本要件	現場での点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。この場合、公募技術本体における安全対策に限らず、危険箇所に対する立ち入り禁止等の措置も含む。
基本要件	従来点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。
基本要件	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。
期待項目	点検において、外光(太陽光)や照明の影響を受け難いこと。
期待項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと。
期待項目	今回の検証現場以外でも、より多くの現場において効果を発揮すること。(汎用性)

判定凡例 ○:良好 △:可 □:課題が残る ×:不可

技術名称	走行型高速3Dトンネル点検システム MIMM-R(ミーム・アール)
評価結果【実用検証評価】	評価対象シナリオ【シナリオ2】
検証項目	【1】トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状(ひび割れ、うき、はく離、はく落、変形、漏水など)の全てまたは一部に対して、 近接目視の支援 ができる技術・システム
・ 試行的導入に向けた検証を推奨する	
総合評価	<p>【技術概要】 専用車両に搭載された3CCDカメラで、走行しながら覆工画像を撮影およびMMS高密度レーザーとレーダーで、トンネル断面形状、巻厚、背面空洞等を計測する技術</p> <p>【検証結果】 従来点検後の計測では、交通規制なしで従来点検の点検結果を正確に記録されることや内業作業時間の短縮が確認された。</p> <p>【総合評価】 一定の点検支援効果が確認されたため、試行的導入に向けた検証を推奨する。</p>
課題	【実用レベルでのロボット活用効果】 多種多様なトンネルにおいて実用レベルの点検でロボットを活用し、計測結果提出までの所要時間、歩掛調査、ロボット導入効果等の確認
想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・車道より視認できる部分を対象に、近接目視の支援として利用できる(ジェットファン、照明灯具等の背面は対象外) <p>【留意事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・通行規制を必要としないが、降雨時の計測は不可 ・撮影時、歩行者等が写り込まない対策を必要とする
期待される活用場面 評価対象とした活用場面	・従来点検による 近接目視・打音検査・チョーキングが終了した状態でロボットによる計測を行い 、変状展開図等を作成する。これによりスケッチ作業を省略し、点検作業の効率化、省人化、正確性の向上および通行規制時間の短縮を目指す。
期待される 改良・開発事項	<p>【作業の効率化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化が望まれる

参考：今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証トンネルの諸条件下での結果)

検 証 項 目	判 定
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」にて定義するトンネル本体内に対して、同要領に記載された近接目視による点検の支援を通じて、「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。
基本要件	当該技術・システムにより、通常の近接目視における高所作業車利用のための交通規制と比較して、交通規制による交通阻害を、より小さくする、または、無くすることができる。
基本要件	変状の把握、評価が、従来の点検方法と比較して、より効率的になり、また、より正確になる或いはバラツキが減少し、且つ、それらの効果に対する経済性が妥当である。
基本要件	現場での点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。この場合、公募技術本体における安全対策に限らず、危険箇所に対する立ち入り禁止等の措置も含む。
基本要件	従来の点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。
基本要件	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。
期待項目	点検において、外光(太陽光)や照明の影響を受け難いこと。
期待項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと。
期待項目	今回の検証現場以外でも、より多くの現場において効果を発揮すること。(汎用性)

判定凡例 ○:良好 △:可 ×:課題が残る

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	実用検証
-----------	------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 トンネル維持管理部会

技術名称	高精度トンネル覆工計測装置																	
応募者	西日本高速道路エンジニアリング四国(株)																	
共同開発者																		
技術概要 (自己申告)	<p>カラーラインセンサカメラによる高精細な可視画像撮影システムと、光切断法による3次元形状計測技術を併用して、覆工コンクリートの表面状態と形状を、同時に計測、解析する。これにより、覆工コンクリートのひび割れと、剥離の前兆である段差を検出し、コンクリート片が剥落する恐れのある箇所を非接触かつ定量的に検出する技術である。将来的に、現状のトンネルの損傷評価だけでなく、定期的に計測を行うことにより劣化進行を定量的に把握できる技術を目指している。</p>	<p>(外観・イメージ)</p> 																
対象分野	トンネル維持管理																	
技術構成	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">移動機構</td> <td>一般車両</td> <td>2tトラック</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">センサー</td> <td>ラインセンサカメラ</td> <td>4096画素/ライン: 4台</td> </tr> <tr> <td>3次元形状計測</td> <td>ラインレーザーマーカ(波長808ナノメータ)+ CMOSセンサカメラ(3D2048 x 1088画素): 6セット</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">データ処理</td> <td>変状展開図作成</td> <td>JeTnlEdit(損傷編集ソフト: 独自)</td> </tr> <tr> <td>形状計測</td> <td>Je3DPF(データ処理ソフト: 独自) JeRutEdit(形状解析ソフト: 独自)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">その他</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		移動機構	一般車両	2tトラック	センサー	ラインセンサカメラ	4096画素/ライン: 4台	3次元形状計測	ラインレーザーマーカ(波長808ナノメータ)+ CMOSセンサカメラ(3D2048 x 1088画素): 6セット	データ処理	変状展開図作成	JeTnlEdit(損傷編集ソフト: 独自)	形状計測	Je3DPF(データ処理ソフト: 独自) JeRutEdit(形状解析ソフト: 独自)	その他		
移動機構	一般車両	2tトラック																
センサー	ラインセンサカメラ	4096画素/ライン: 4台																
	3次元形状計測	ラインレーザーマーカ(波長808ナノメータ)+ CMOSセンサカメラ(3D2048 x 1088画素): 6セット																
データ処理	変状展開図作成	JeTnlEdit(損傷編集ソフト: 独自)																
	形状計測	Je3DPF(データ処理ソフト: 独自) JeRutEdit(形状解析ソフト: 独自)																
その他																		
問合せ先	西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社 土木技術部 土木技術課 林 詳悟 Tel: 087-834-2419 E-Mail: shogo.hayashi@w-e-shikoku.co.jp URL: http://www.w-e-shikoku.co.jp/																	
検証項目	[1] [2] (詳細内容は、本書p.2に記載)																	
検証場所	宮ヶ瀬ダム管理用トンネル(神奈川県相模原市)																	
検証内容	<p>(宮ヶ瀬ダム管理用トンネル) 従来点検前にロボットによる計測を行い、その結果を参考とすることによる点検の効率化・省人化についての検証 および、ひび割れ模擬供試体による検出精度の検証 【検証実施日】平成27年10月27日 従来点検前にロボットによる計測を行い、その結果を使用した応募者による従来点検の効率化・省人化についての検証 【検証実施日】平成27年11月13日 従来点検後にロボットによる計測を行い、従来点検のスケッチ作業省略による点検の効率化・省人化についての検証 【検証実施日】平成27年12月1日</p>	  																

技術名称	高精度トンネル覆工計測装置
評価結果【実用検証評価】	評価対象シナリオ【シナリオ1】
検証項目	【1】トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状（ひび割れ、うき、はく離、はく落、変形、漏水など）の全てまたは一部に対して、 近接目視の支援 ができる技術・システム
・試行的導入に向けた検証を推奨する	
総合評価	<p>【技術概要】 一般車両の荷台に設置したラインセンサーカメラによる覆工面の可視画像の撮影および3次元形状計測システムによる覆工面の形状計測を走行しながら行う技術</p> <p>【検証結果】 従来点検前の計測では、従来点検の内業作業時間短縮が確認された。 変状検出において、更なる検出精度の向上および誤検出の低減が望まれる。 データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化を図り、点検作業全体としての効率化や省人化が望まれる。</p> <p>【総合評価】 一定の点検支援効果が確認されたため、試行的導入に向けた検証を推奨する。</p>
課題	【実用レベルでのロボット活用効果】 多種多様なトンネルにおいて実用レベルの点検でロボットを活用し、計測結果提出までの所要時間、歩掛調査、ロボット導入効果等の確認
想定される適用範囲	<p>・車道より視認できる部分を対象に、近接目視の支援として利用できる（ジェットファン、照明灯具等の背面は対象外）</p> <p>【留意事項】 ・通行規制を必要としないが、降雨時の計測は不可 ・撮影時、歩行者等が写り込まない対策を必要とする</p>
期待される活用場面 評価対象とした活用場面	・ 従来点検前にロボットによる計測を行い 、その結果を参考に従来点検を行うことにより、従来点検（近接目視・打音検査・チョーキング）の効率化、省人化および通行規制時間の短縮等を目指す。
期待される 改良・開発事項	<p>【作業の効率化】 ・データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化が望まれる</p> <p>【検出精度の向上】 ・変状検出において、更なる検出精度の向上および誤検出の低減が望まれる</p>

参考：今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果（今回の検証トンネルの諸条件下での結果）

検 証 項 目	判 定
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」にて定義するトンネル本体工に対して、同要領に記載された近接目視による点検の支援を通じて、「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。
基本要件	当該技術・システムにより、通常の近接目視における高所作業車利用のための交通規制と比較して、交通規制による交通阻害を、より小さくする、または、無くすることができる。
基本要件	変状の把握、評価が、従来の点検方法と比較して、より効率的になり、また、より正確になる或いはバラツキが減少し、且つ、それらの効果に対する経済性が妥当である。
基本要件	現場での点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。この場合、公募技術本体における安全対策に限らず、危険箇所に対する立ち入り禁止等の措置も含む。
基本要件	従来点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。
基本要件	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。
期待項目	点検において、外光（太陽光）や照明の影響を受け難いこと。
期待項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと。
期待項目	今回の検証現場以外でも、より多くの現場において効果を発揮すること。（汎用性）

判定凡例 ○：良好 △：可 □：課題が残る ×：不可

技術名称	高精度トンネル覆工計測装置
評価結果【実用検証評価】	評価対象シナリオ【シナリオ1】
検証項目	【2】トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状(うき、はく離、はく落、打継目の目地切れなど)の全てまたは一部に対して、 打音検査の支援 ができる技術・システム
・課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨する	
総合評価	<p>【技術概要】 一般車両の荷台に設置したラインセンサーカメラによる覆工面の可視画像の撮影および3次元形状計測システムによる覆工面の形状計測を走行しながら行う技術</p> <p>【検証結果】 従来点検前の計測では、従来点検の内業作業時間短縮が確認された。 うき部の変状検出において、更なる検出精度の向上が望まれる。 データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化を図り、点検作業全体としての効率化や省人化が望まれる。</p> <p>【総合評価】 課題はあるが、一定の点検支援効果が確認されたため、課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨する。</p>
課題	<p>【検出精度の向上】 うき部の検出精度を高める改良</p>
想定される適用範囲	<p>・車道より視認できる部分を対象に、近接目視の支援として利用できる(ジェットファン、照明灯具等の背面は対象外)</p> <p>【留意事項】 ・通行規制を必要としないが、降雨時の計測は不可 ・撮影時、歩行者等が写り込まない対策を必要とする</p>
期待される活用場面 評価対象とした活用場面	<p>・従来点検前にロボットによる計測を行い、その結果を参考に従来点検を行うことにより、従来点検(近接目視・打音検査・チョーキング)の効率化、省人化および通行規制時間の短縮等を目指す。</p>
期待される 改良・開発事項	<p>【作業の効率化】 ・データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化が望まれる</p> <p>【検出精度の向上】 ・うき部の変状検出において、更なる検出精度の向上が望まれる</p>

参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証トンネルの諸条件下での結果)

検証項目		判定
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」にて定義するトンネル本体工に対して、同要領に記載された打音検査の支援を通じて、「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。	
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。	
基本要件	当該技術・システムにより、通常の打音検査における高所作業車利用のための交通規制と比較して、交通規制による交通阻害を増加させない。	
基本要件	変状の把握、評価が、従来の点検方法と比較して、より効率的になり、また、より正確になる或いはバラツキが減少し、且つ、それらの効果に対する経済性が妥当である。	
基本要件	現場での点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。この場合、公募技術本体における安全対策に限らず、危険箇所に対する立ち入り禁止等の措置も含む。	
基本要件	従来点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。	
基本要件	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。	
期待項目	点検において、外光(太陽光)や照明の影響を受け難いこと。	
期待項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと。	
期待項目	今回の検証現場以外でも、より多くの現場において効果を発揮すること。(汎用性)	

判定凡例 ○:良好 △:可 □:課題が残る ×:不可

技術名称	高精度トンネル覆工計測装置
評価結果【実用検証評価】	評価対象シナリオ【シナリオ2】
検証項目	【1】トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状（ひび割れ、うき、はく離、はく落、変形、漏水など）の全てまたは一部に対して、 近接目視の支援 ができる技術・システム
・ 試行的導入に向けた検証を推奨する	
総合評価	<p>【技術概要】 一般車両の荷台に設置したラインセンサーカメラによる覆工面の可視画像の撮影および3次元形状計測システムによる覆工面の形状計測を走行しながら行う技術</p> <p>【検証結果】 従来点検後の計測では、交通規制なしで従来点検の点検結果を正確に記録されることが確認された。データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化を図り、点検作業全体としての効率化や省人化が望まれる。</p> <p>【総合評価】 一定の点検支援効果が確認されたため、試行的導入に向けた検証を推奨する。</p>
課題	【実用レベルでのロボット活用効果】 多種多様なトンネルにおいて実用レベルの点検でロボットを活用し、計測結果提出までの所要時間、歩掛調査、ロボット導入効果等の確認
想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・車道より視認できる部分を対象に、近接目視の支援として利用できる（ジェットファン、照明灯具等の背面は対象外） <p>【留意事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・通行規制を必要としないが、降雨時の計測は不可 ・撮影時、歩行者等が写り込まない対策を必要とする
期待される活用場面 評価対象とした活用場面	・従来点検による 近接目視・打音検査・チョーキングが終了した状態でロボットによる計測を行い 、変状展開図等を作成する。これによりスケッチ作業を省略し、点検作業の効率化、省人化、正確性の向上および通行規制時間の短縮を目指す。
期待される 改良・開発事項	<p>【作業の効率化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化が望まれる

参考：今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果（今回の検証トンネルの諸条件下での結果）

検 証 項 目	判 定
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」にて定義するトンネル本体内に対して、同要領に記載された近接目視による点検の支援を通じて、「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。
基本要件	当該技術・システムにより、通常の近接目視における高所作業車利用のための交通規制と比較して、交通規制による交通阻害を、より小さくする、または、無くすることができる。
基本要件	変状の把握、評価が、従来の点検方法と比較して、より効率的になり、また、より正確になる或いはバラツキが減少し、且つ、それらの効果に対する経済性が妥当である。
基本要件	現場での点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。この場合、公募技術本体における安全対策に限らず、危険箇所に対する立ち入り禁止等の措置も含む。
基本要件	従来の点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。
基本要件	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。
期待項目	点検において、外光（太陽光）や照明の影響を受け難いこと。
期待項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと。
期待項目	今回の検証現場以外でも、より多くの現場において効果を発揮すること。（汎用性）

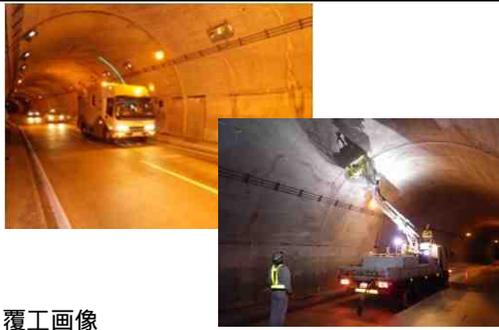
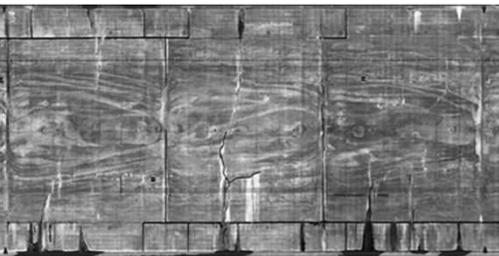
判定凡例 :良好 :可 :課題が残る x:不可

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果

実用検証

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 トンネル維持管理部会

技術名称	トンネル覆工コンクリート調査システム																					
応募者	三井造船株式会社																					
共同開発者	株式会社トノックス																					
技術概要 (自己申告)	<p>打音検査での検知が困難であった変状(空洞やジャンカなど)がマルチパスレーダ(MPLAレーダ)により3次元で映像化できるシステム。専用の支持装置を車両に搭載し、走行しながら連続計測が可能である。(最大速度3.5km/h)</p> <p>また、計測データは表面撮影車(株トノックス製)で得た展開図データと統合が可能で、表面と内部状況を同時に把握することで総合的な判定・管理が可能である。</p>	<p>(外観・イメージ)</p> 																				
対象分野	トンネル維持管理																					
技術構成	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">移動機構</td> <td>専用車両</td> <td>全長6.79m×全幅2.26m×全高3.20m 重量7.63t(レーザー Scanner)</td> </tr> <tr> <td>一般車両</td> <td>クレーン付4tトラック(レーダー探査)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">センサー</td> <td>レーザー Scanner</td> <td>アルゴンイオンガスレーザ(4W) 六角計スキャナ 21000回転/分×6 (走査数)</td> </tr> <tr> <td>レーダー探査</td> <td>MPLAレーダシステム(3.0GHZ)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">データ処理</td> <td>画像処理</td> <td>画像合成ソフト</td> </tr> <tr> <td>変状展開図</td> <td>クラックドロー</td> </tr> <tr> <td>レーダー解析</td> <td>2次元・3次元解析ソフト</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		移動機構	専用車両	全長6.79m×全幅2.26m×全高3.20m 重量7.63t(レーザー Scanner)	一般車両	クレーン付4tトラック(レーダー探査)	センサー	レーザー Scanner	アルゴンイオンガスレーザ(4W) 六角計スキャナ 21000回転/分×6 (走査数)	レーダー探査	MPLAレーダシステム(3.0GHZ)	データ処理	画像処理	画像合成ソフト	変状展開図	クラックドロー	レーダー解析	2次元・3次元解析ソフト	その他		
移動機構	専用車両	全長6.79m×全幅2.26m×全高3.20m 重量7.63t(レーザー Scanner)																				
	一般車両	クレーン付4tトラック(レーダー探査)																				
センサー	レーザー Scanner	アルゴンイオンガスレーザ(4W) 六角計スキャナ 21000回転/分×6 (走査数)																				
	レーダー探査	MPLAレーダシステム(3.0GHZ)																				
データ処理	画像処理	画像合成ソフト																				
	変状展開図	クラックドロー																				
	レーダー解析	2次元・3次元解析ソフト																				
その他																						
問合せ先	三井造船株式会社 機械・システム事業本部 社会インフラ総括部 森島 弘吉 Tel: 03-3544-3221 E-Mail: morishih@mes.co.jp URL: http://www.mes.co.jp/																					
検証項目	[1] [2] (詳細内容は、本書p.2に記載)																					
検証場所	宮ヶ瀬ダム管理用トンネル(神奈川県相模原市)、施工技術総合研究所模擬トンネル(静岡県富士市)																					
検証内容	<p>(施工技術総合研究所模擬トンネル) 打音検査用供試体によるレーダー検出精度の検証 【検証実施日】平成27年10月21日 (宮ヶ瀬ダム管理用トンネル) 従来点検前にロボットによる計測を行い、その結果を参考とすることによる点検の効率化・省人化についての検証 および、ひび割れ模擬供試体による検出精度の検証 【検証実施日】平成27年10月27日(レーザー) 【検証実施日】平成27年10月28日(レーダー) 従来点検後にロボットによる計測を行い、従来点検のスケッチ作業省略による点検の効率化・省人化についての検証 【検証実施日】平成27年12月2日</p>	 <p>覆工画像</p> 																				

技術名称	トンネル覆工コンクリート調査システム
評価結果【実用検証評価】	評価対象シナリオ【シナリオ1】
検証項目	【1】トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状（ひび割れ、うき、はく離、はく落、変形、漏水など）の全てまたは一部に対して、 近接目視の支援 ができる技術・システム
<p>課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨する【課題】 課題への対応・結果により、試行的導入に向けた検証を推奨する【課題】</p>	
総合評価	<p>【技術概要】 (レーザーキャナー) 専用車両に搭載されたレーザーキャナーで、走行しながら覆工画像を撮影する技術 (レーダー探査) 一般車両の荷台に搭載したMPLAレーダーシステムで、走行しながら覆工の3次元映像化を行い変状(空洞や豆板等)を探査する技術</p> <p>【検証結果】 従来点検前の計測では、従来点検の内業作業時間短縮が確認された。 変状検出において、更なる検出精度の向上および誤検出の低減が望まれる。 レーダー探査については、通行規制が必要であるが、計測後随時計測結果の確認が可能であるため従来点検時の規制下で導入することにより従来点検作業の効率化や点検精度向上の可能性はある。ただし、レーダー探査時のコンクリート片等の落下防止対策の検討が必要である。 データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化を図り、点検作業全体としての効率化や省人化が望まれる。</p> <p>【総合評価】 課題はあるが、一定の点検支援効果が確認されたため、課題の解決を前提に、または、課題への対応・結果により、試行的導入に向けた検証を推奨する。</p>
課題	<p>【課題：検出精度の向上】 変状の検出精度を高める改良 【課題：一般者への安全対策】 レーダー探査中のコンクリート片等の落下防止対策が必要</p>
想定される適用範囲	<p>・車道より視認できる部分を対象に、近接目視の支援として利用できる(ジェットファン、照明灯具等の背面は対象外) 【留意事項】 ・レーザー計測は、通行規制を必要としないが、降雨時の計測は不可(但し小雨時の計測は可) ・撮影時、歩行者等が写り込まない対策を必要とする ・覆工画像は、256譜調のモノクロ画像となる ・レーダー探査は、通行規制を必要とする</p>
期待される活用場面 評価対象とした活用場面	<p>・従来点検前にロボットによる計測を行い、その結果を参考に従来点検を行うことにより、従来点検(近接目視・打音検査・チョーキング)の効率化、省人化および通行規制時間の短縮等を旨とする。</p>
期待される改良・開発事項	<p>【作業の効率化】 ・データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化が望まれる 【検出精度の向上】 ・変状検出において、更なる検出精度の向上および誤検出の低減が望まれる</p>

参考：今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証トンネルの諸条件下での結果)

検 証 項 目	判 定
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」にて定義するトンネル本体内に対して、同要領に記載された近接目視による点検の支援を通じて、「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。
基本要件	当該技術・システムにより、通常の近接目視における高所作業車利用のための交通規制と比較して、交通規制による交通阻害を、より小さくする、または、無くすることができる。
基本要件	変状の把握、評価が、従来の点検方法と比較して、より効率的になり、また、より正確になる或いはバラツキが減少し、且つ、それらの効果に対する経済性が妥当である。
基本要件	現場での点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。この場合、公募技術本体における安全対策に限らず、危険箇所に対する立ち入り禁止等の措置も含む。
基本要件	従来点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。
基本要件	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。
期待項目	点検において、外光(太陽光)や照明の影響を受け難いこと。
期待項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと。
期待項目	今回の検証現場以外でも、より多くの現場において効果を発揮すること。(汎用性)

判定凡例 :良好 :可 :課題が残る x:不可

技術名称	トンネル覆工コンクリート調査システム
評価結果【実用検証評価】	評価対象シナリオ【シナリオ1】
検証項目	【2】トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状(うき、はく離、はく落、打継目の目地切れなど)の全てまたは一部に対して、 打音検査の支援 ができる技術・システム
<p>課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨する【課題】 課題への対応・結果により、試行的導入に向けた検証を推奨する【課題】</p>	
総合評価	<p>【技術概要】 (レーザーキャナー) 専用車両に搭載されたレーザーキャナーで、走行しながら覆工画像を撮影する技術 (レーダー探査) 一般車両の荷台に搭載したMPLAレーダーシステムで、走行しながら覆工の3次元映像化を行い変状(空洞や豆板等)を探査する技術</p> <p>【検証結果】 従来点検前の計測では、従来点検の内業作業時間短縮が確認された。 うき部の変状検出において、更なる検出精度の向上が望まれる。 レーダー探査については、通行規制が必要であるが、計測後随時計測結果の確認が可能であるため従来点検時の規制下で導入することにより従来点検作業の効率化や点検精度向上の可能性はある。ただし、レーダー探査時のコンクリート片等の落下防止対策の検討が必要である。 データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化を図り、点検作業全体としての効率化や省人化が望まれる。</p> <p>【総合評価】 課題はあるが、一定の点検支援効果が確認されたため、課題の解決を前提に、または、課題への対応・結果により、試行的導入に向けた検証を推奨する。</p>
課題	<p>【課題 : 検出精度の向上】 うき部の検出精度を高める改良 【課題 : 一般者への安全対策】 レーダー探査中のコンクリート片等の落下防止対策が必要</p>
想定される適用範囲	<p>・車道より視認できる部分を対象に、近接目視の支援として利用できる(ジェットファン、照明灯具等の背面は対象外) 【留意事項】 ・レーザー計測は、通行規制を必要としないが、降雨時の計測は不可(但し小雨時の計測は可) ・撮影時、歩行者等が写り込まない対策を必要とする ・覆工画像は、256画調のモノクロ画像となる ・レーダー探査は、通行規制を必要とする</p>
期待される活用場面 評価対象とした活用場面	<p>・従来点検前にロボットによる計測を行い、その結果を参考に従来点検を行うことにより、従来点検(近接目視・打音検査・チョーキング)の効率化、省人化および通行規制時間の短縮等をを目指す。</p>
期待される改良・開発事項	<p>【作業の効率化】 ・データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化が望まれる 【検出精度の向上】 ・うき部の変状検出において、更なる検出精度の向上が望まれる</p>

参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証トンネルの諸条件下での結果)

検証項目		判定
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」にて定義するトンネル本体工に対して、同要領に記載された打音検査の支援を通じて、「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。	
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。	
基本要件	当該技術・システムにより、通常の打音検査における高所作業車利用のための交通規制と比較して、交通規制による交通阻害を増加させない。	
基本要件	変状の把握、評価が、従来の点検方法と比較して、より効率的になり、また、より正確になる或いはバラツキが減少し、且つ、それらの効果に対する経済性が妥当である。	
基本要件	現場での点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。この場合、公募技術本体における安全対策に限らず、危険箇所に対する立ち入り禁止等の措置も含む。	
基本要件	従来の点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。	
基本要件	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。	
期待項目	点検において、外光(太陽光)や照明の影響を受け難いこと。	
期待項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと。	
期待項目	今回の検証現場以外でも、より多くの現場において効果を発揮すること。(汎用性)	

判定凡例 :良好 :可 :課題が残る x:不可

技術名称	トンネル覆工コンクリート調査システム
評価結果【実用検証評価】	評価対象シナリオ【シナリオ2】
検証項目	【1】トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状（ひび割れ、うき、はく離、はく落、変形、漏水など）の全てまたは一部に対して、 近接目視の支援 ができる技術・システム
・ 試行的導入に向けた検証を推奨する	
総合評価	<p>【技術概要】 （レーザー scanner） 専用車両に搭載されたレーザー scanner で、走行しながら覆工画像を撮影する技術</p> <p>【検証結果】 従来点検後の計測では、交通規制なしで従来点検の点検結果を正確に記録されることが確認された。ただし、軽微な記載漏れがあるため、更なる正確性の向上が望まれる。 データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化を図り、点検作業全体としての効率化や省人化が望まれる。</p> <p>【総合評価】 一定の点検支援効果が確認されたため、試行的導入に向けた検証を推奨する。</p>
課題	【実用レベルでのロボット活用効果】 多種多様なトンネルにおいて実用レベルの点検でロボットを活用し、計測結果提出までの所要時間、歩掛調査、ロボット導入効果等の確認
想定される適用範囲	<p>・車道より視認できる部分を対象に、近接目視の支援として利用できる（ジェットファン、照明灯具等の背面は対象外）</p> <p>【留意事項】 ・通行規制を必要としないが、降雨時の計測は不可（但し小雨時の計測は可） ・撮影時、歩行者等が写り込まない対策を必要とする ・覆工画像は、256 階調のモノクロ画像となる</p>
期待される活用場面 評価対象とした活用場面	・従来点検による 近接目視・打音検査・チョーキングが終了した状態でロボットによる計測を行い 、変状展開図等を作成する。これによりスケッチ作業を省略し、点検作業の効率化、省人化、正確性の向上および通行規制時間の短縮を目指す。
期待される 改良・開発事項	<p>【作業の効率化】 ・データ処理ソフト等の改良・開発により、内業作業の更なる効率化が望まれる</p>

参考：今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果（今回の検証トンネルの諸条件下での結果）

検 証 項 目	判 定
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」にて定義するトンネル本体内に対して、同要領に記載された近接目視による点検の支援を通じて、「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。
基本要件	当該技術・システムにより、通常の近接目視における高所作業車利用のための交通規制と比較して、交通規制による交通阻害を、より小さくする、または、無くすることができる。
基本要件	変状の把握、評価が、従来の点検方法と比較して、より効率的になり、また、より正確になる或いはバラツキが減少し、且つ、それらの効果に対する経済性が妥当である。
基本要件	現場での点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。この場合、公募技術本体における安全対策に限らず、危険箇所に対する立ち入り禁止等の措置も含む。
基本要件	従来の点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。
基本要件	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。
期待項目	点検において、外光（太陽光）や照明の影響を受け難いこと。
期待項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと。
期待項目	今回の検証現場以外でも、より多くの現場において効果を発揮すること。（汎用性）

判定凡例 ○：良好 △：可 ×：課題が残る

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	実用検証 (打音検査機は要素検証)
------------------	--------------------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 トンネル維持管理部会

技術名称	インフラ点検システム													
応募者	沖電気工業株式会社													
共同開発者	大日本コンサルタント株式会社													
技術概要 (自己申告)	<p>インフラ点検システムは、音響解析技術による打音検診から、打音の後工程である変状状況の把握(野帳記録、写真撮影)、報告書作成に至るまで、総合的に支援することが可能です。</p> <p>現場での端末入力、変状展開図を中心に変状記録、スケッチ、写真が関連付けられ、後工程の煩雑な事務所作業を効率化します。</p>	<p>(外観・イメージ)</p>  <p>打音検診システム</p>  <p>点検記録端末 変状記録端末</p>												
対象分野	トンネル維持管理													
技術構成	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">移動機構</td> <td style="text-align: center;">手持ち式</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">センサー</td> <td style="text-align: center;">打音検査機</td> <td>ソレノイド式打撃部(100mm、L=320mm、重量800g、最大周波数10kHz)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">データ処理</td> <td style="text-align: center;">点検記録システム</td> <td>自社開発ソフト</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">その他</td> <td style="text-align: center;">タブレット端末</td> <td></td> </tr> </table>		移動機構	手持ち式		センサー	打音検査機	ソレノイド式打撃部(100mm、L=320mm、重量800g、最大周波数10kHz)	データ処理	点検記録システム	自社開発ソフト	その他	タブレット端末	
移動機構	手持ち式													
センサー	打音検査機	ソレノイド式打撃部(100mm、L=320mm、重量800g、最大周波数10kHz)												
データ処理	点検記録システム	自社開発ソフト												
その他	タブレット端末													
問合せ先	<p>沖電気工業株式会社 社会システム事業本部 交通・防災システム事業部 事業開拓チーム 山本剛司 Tel: 03-3454-2111 E-Mail: yamamoto762@oki.com URL: http://www.oki.com/jp/</p>													
検証項目	[2] (詳細内容は、本書p.2に記載)													
検証場所	宮ヶ瀬ダム管理用トンネル(神奈川県相模原市)													
検証内容	<p>(宮ヶ瀬ダム管理用トンネル) 従来点検後にタブレット使用して点検結果の記録作業を行い、点検後の内業(変状展開図の作成等)の効率化についての検証 打音検査機の操作性や変状自動判定システム性能について検証 【検証実施日】 平成27年11月20日</p>	<p style="text-align: center;">タブレット端末</p>   <p style="text-align: center;">打音検査機</p>												

技術名称	インフラ点検システム
評価結果【実用検証評価】	評価対象シナリオ【シナリオ2】
検証項目	【2】トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状(うき、はく離、はく落、打継目の目地切れなど)の全てまたは一部に対して、 打音検査の支援 ができる技術・システム
課題への対応・結果により、試行的導入に向けた検証を推奨する	
総合評価	<p>【技術概要】 (実用検証技術:タブレット端末) 現場での変状記録、スケッチ、写真撮影し、端末上の変状展開図でデータの関連付けが可能な技術で、その記録データにより事務所での作業の効率化を可能とする。 (要素検証技術:打音検査機) 手持ち型のソレノイド式打音検査機で、覆工面の打音異常場所の判定を自動で行う技術</p> <p>【点検結果】 (タブレット端末) ・タブレット端末での点検結果の記録作業については、作業時間の短縮は確認されなかったが、内業作業時間の短縮は確認された。 ・タブレット端末の操作方法、入力方法、ソフトウェアの不具合等の改良により、現場の記録作業時間や規制時間の短縮が望まれる。 (打音検査機) ・打音検査機は、うき箇所での変状自動判定システムは、良好に作動していることは確認されたが、点検箇所の形状によっては、ソレノイドハンマーの打撃が不安定となる場合があるため、改良が望まれる。</p> <p>【総合評価】 課題はあるが、一定の点検支援効果が確認されたため、課題への対応・結果により、試行的導入に向けた検証を推奨する。</p>
課題	【点検記録システムの改良】 現場作業時間の短縮が必要
想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・従来点検において、点検員や記録員が点検・記録作業が可能な部分を対象に、現場での点検結果の記録作業(スケッチ・変状部写真撮影)および点検後の内業作業の支援として利用できる <p>【留意事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・点検記録結果の精度や正確性は、記録者の経験や技量による
期待される活用場面 評価対象とした活用場面	<ul style="list-style-type: none"> ・従来点検時の記録にタブレットを使用し、点検後の内業(変状展開図の作成等)の効率化を目指す。
期待される改良・開発事項	<p>【作業の効率化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・タブレット端末の操作方法、入力方法、ソフトウェアの不具合等の改良により、現場での記録作業時間の短縮が望まれる

参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証トンネルの諸条件下での結果)

検証項目		判定
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」にて定義するトンネル本体工に対して、同要領に記載された打音検査の支援を通じて、「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。	
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。	
基本要件	当該技術・システムにより、通常の打音検査における高所作業車利用のための交通規制と比較して、交通規制による交通阻害を増加させない。	
基本要件	変状の把握、評価が、従来の点検方法と比較して、より効率的になり、また、より正確になる或いはバラツキが減少し、且つ、それらの効果に対する経済性が妥当である。	
基本要件	現場での点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。この場合、公募技術本体における安全対策に限らず、危険箇所に対する立ち入り禁止等の措置も含む。	
基本要件	従来の点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。	
基本要件	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。	
期待項目	点検において、外光(太陽光)や照明の影響を受け難いこと。	
期待項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと。	
期待項目	今回の検証現場以外でも、より多くの現場において効果を発揮すること。(汎用性)	

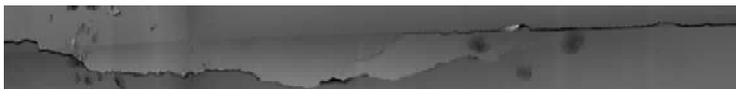
判定凡例 : 良好 : 可 : 課題が残る x : 不可

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果

要素検証

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 トンネル維持管理部会

技術名称	ハンディひび割れ検出装置													
応募者	東急建設株式会社													
共同開発者	株式会社小川優機製作所													
技術概要 (自己申告)	<p>撮影画像からひび割れを検出する従来方法では、汚れ等による誤検出という課題がありました。本装置をコンクリート表面に手で押し当て移動(スキャン)させるとカラー画像と距離データが得られ、これらを併用したひび割れ検出方法により誤検出を減らします。</p> <p>また、ひび割れ形状(幅、長さ、位置)が正確に得られるため、データ整理と変状展開図作成を省力化し、点検作業を支援します。</p>	<p>(外観・イメージ)</p> 												
対象分野	トンネル維持管理													
技術構成	<table border="1"> <tr> <td>移動機構</td> <td>手持ち式</td> <td>幅410mm 長さ414mm 高さ242mm 重量6.0kg</td> </tr> <tr> <td>センサー</td> <td>光切断法カメラ</td> <td>画像分解能 0.1mm スキャン幅200mm</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>ひび割れ抽出</td> <td>ひび割れ抽出ソフト(開発中)</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		移動機構	手持ち式	幅410mm 長さ414mm 高さ242mm 重量6.0kg	センサー	光切断法カメラ	画像分解能 0.1mm スキャン幅200mm	データ処理	ひび割れ抽出	ひび割れ抽出ソフト(開発中)	その他		
移動機構	手持ち式	幅410mm 長さ414mm 高さ242mm 重量6.0kg												
センサー	光切断法カメラ	画像分解能 0.1mm スキャン幅200mm												
データ処理	ひび割れ抽出	ひび割れ抽出ソフト(開発中)												
その他														
問合せ先	<p>東急建設株式会社 技術研究所メカトログループ 上野 隆雄 Tel: 042-763-9533 E-Mail: ueno.takao@tokyu-cnst.co.jp URL: http://www.tokyu-cnst.co.jp/</p>													
検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)													
検証場所	施工技術総合研究所模擬トンネル(静岡県富士市)													
検証内容	<p>(施工技術総合研究所模擬トンネル) 開発中のハンディひび割れ検出装置のひび割れ検出精度等の確認 および、作業能力の確認 【検証実施日】 平成27年11月5日、6日</p>	 <p>カラー画像</p>  <p>距離データ</p> 												

技術名称	ハンディひび割れ検出装置
評価結果【要素検証コメント】	
検証項目	[1]トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状(ひび割れ、うき、はく離、はく落、変形、漏水など)の全てまたは一部に対して、 近接目視の支援 ができる技術・システム
要素検証により部分的な機能を確認	
コメント	<p>【技術概要】 ハンディひび割れ検出装置で、覆工面のカラー画像と距離データを撮影する技術</p> <p>【検証結果】 ・ソフトウェアの改良によるデータ記録時間の短縮および、取得画像の欠損を防止するシステムの構築により作業時間の短縮が望まれる。 ・ひび割れ自動検出ソフトの改良の実施により、ひび割れ自動検出精度の向上が望まれる。</p> <p>【コメント】 ・適用範囲(漏水箇所等)を明確にする必要がある。 ・点検員による変状検出のバラツキ等を減少させる効果は期待できる。 ・コンクリート面に粉じんが多量に付着している場合の光学系システムへの影響の有無について確認が必要である。 ・距離画像については、どれだけの奥行まで精度のある画像が撮影可能であるかが、重要である。 ・照明設備や付属物等がある状態での撮影方法について検討が必要である。</p>
検証対象とした要素	<ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れ画像取得時間・作業能力のデータの取得 ・ひび割れ自動検出精度の検証 ・撮影面の汚れの影響についての検証
想定される適用範囲	・今後の開発状況により、実用レベルでの検証を実施した結果による。
期待される活用場面 評価対象とした活用場面	・今後の開発状況により、実用レベルでの検証を実施した結果による。
期待される 改良・開発事項	<ul style="list-style-type: none"> ・撮影架台等も含めた撮影方法を検討し、現場での作業時間の短縮、点検者の作業負担の軽減、撮影精度の向上、落下防止等の安全対策が望まれる。 ・各ソフトウェアの改良を実施して、現場作業および内業作業の更なる効率化および、ひび割れ検出精度の向上が望まれる。

参考：今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証トンネルの諸条件下での結果)

検 証 項 目	判 定
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」にて定義するトンネル本体内に対して、同要領に記載された近接目視による点検の支援を通じて、「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。
基本要件	当該技術・システムにより、通常の近接目視における高所作業車利用のための交通規制と比較して、交通規制による交通阻害を、より小さくする、または、無くすることができる。
基本要件	変状の把握、評価が、従来の点検方法と比較して、より効率的になり、また、より正確になる或いはバラツキが減少し、且つ、それらの効果に対する経済性が妥当である。
基本要件	現場での点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。この場合、公募技術本体における安全対策に限らず、危険箇所に対する立ち入り禁止等の措置も含む。
基本要件	従来の点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。
基本要件	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。

判定凡例 :良好 :可 :課題が残る x:不可

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	要素検証
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 トンネル維持管理部会

技術名称	打音点検用飛行ロボットシステム																	
応募者	日本電気株式会社																	
共同開発者	自律制御システム研究所、産業技術総合研究所、首都高速道路技術センター																	
技術概要 (自己申告)	<p>足場を必要とする高所の点検箇所の打音点検支援をするシステムであり、ロボット操作員と点検員、安全確認員の3人により運用する。</p> <p>(外観・イメージ)</p>																	
対象分野	トンネル維持管理																	
技術構成	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">移動機構</td> <td>小型無人機</td> <td>・ 1.6m 総重量 14.3kg(打音検査機1.0kg含む) 12ロータ</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">センサー</td> <td>音響マイク</td> <td>指向特性 単一指向性 周波数特性 100 ~ 15000[Hz]</td> </tr> <tr> <td>振動センサ</td> <td>感度 0.2[mV/m/s²] 周波数帯域 10 ~ 15000[Hz]</td> </tr> <tr> <td>カメラ</td> <td>動画4K 静止画 1200万画素</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">データ処理</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">その他</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		移動機構	小型無人機	・ 1.6m 総重量 14.3kg(打音検査機1.0kg含む) 12ロータ	センサー	音響マイク	指向特性 単一指向性 周波数特性 100 ~ 15000[Hz]	振動センサ	感度 0.2[mV/m/s ²] 周波数帯域 10 ~ 15000[Hz]	カメラ	動画4K 静止画 1200万画素	データ処理			その他		
移動機構	小型無人機	・ 1.6m 総重量 14.3kg(打音検査機1.0kg含む) 12ロータ																
センサー	音響マイク	指向特性 単一指向性 周波数特性 100 ~ 15000[Hz]																
	振動センサ	感度 0.2[mV/m/s ²] 周波数帯域 10 ~ 15000[Hz]																
	カメラ	動画4K 静止画 1200万画素																
データ処理																		
その他																		
問合せ先	日本電気株式会社 交通・都市基盤事業部 グローバルシステム開発部 西沢 俊広 Tel: 042-333-1621 E-Mail: nishizawa@bk.jp.nec.com URL: http://jpn.nec.com/																	
検証項目	[2] (詳細内容は、本書p.2に記載)																	
検証場所	施工技術総合研究所模擬トンネル(静岡県富士市)																	
検証内容	(施工技術総合研究所模擬トンネル) 小型無人機に搭載した打音検査機のトンネル覆工面での作動状況確認 打音検査用供試体による打音データの取得、ローター音の影響について検証 【検証実施日】 平成27年11月4日																	

技術名称	打音点検用飛行ロボットシステム	
評価結果【要素検証コメント】		
検証項目	[2]トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状(うき、はく離、はく落、打継目の目地切れなど)の全てまたは一部に対して、 打音検査の支援 ができる技術・システム	
要素検証により部分的な機能を確認		
コメント	<p>【技術概要】 小型無人機に搭載したソレノイド式打音検査機で、覆工面の打音音声データを点検員に伝送し、清音・濁音の判断を可能とする技術</p> <p>【検証結果】 ・小型無人機本体および搭載機器の小型化、軽量化により自律制御性能の向上が望まれる。 ・打音検査装置の構造再検討を行い、トンネル覆工面の曲面形状に対する適用性を向上させ、打音検査機の押し付け性能の安定性が望まれる。</p> <p>【コメント】 ・小型無人機の安定性や打音検査機の性能・信頼性について、検証が必要である。 ・トンネル内で使用する場合、落下や飛び出し防止について十分な安全対策の検討が必要である。 ・点検漏れがないように安定的な打音検査が実施できるか検証が必要である。 ・照明設備や付属物等の影響について検証が必要である。</p>	
検証対象とした要素	<ul style="list-style-type: none"> ・小型無人機に搭載した打音検査機のトンネル覆工面(水平方向、鉛直方向)での作動状況確認 ・打音検査用供試体による打音データを取得し、ローター音の影響を検証 	
想定される適用範囲	・今後の開発状況により、実用レベルでの検証を実施した結果による。	
期待される活用場面 評価対象とした活用場面	・今後の開発状況により、実用レベルでの検証を実施した結果による。	
期待される 改良・開発事項	<ul style="list-style-type: none"> ・小型無人機の飛行安定性の向上、打音検査機の作動安定性の向上が望まれる。 ・ローター音によるノイズ低減のための改良が望まれる。 ・一般者、一般車両、点検作業従事者に対する安全対策の確立が望まれる。 	
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証トンネルの諸条件下での結果)		
検証項目		判定
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」にて定義するトンネル本体内に対して、同要領に記載された打音検査の支援を通じて、「道路トンネル定期点検要領」の規定に定める点検表様式の作成またはその支援ができる。	
基本要件	「道路トンネル定期点検要領」の「対策区分の判定」に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。	
基本要件	当該技術・システムにより、通常の打音検査における高所作業車利用のための交通規制と比較して、交通規制による交通阻害を増加させない。	
基本要件	変状の把握、評価が、従来の点検方法と比較して、より効率的になり、また、より正確になる或いはバラツキが減少し、且つ、それらの効果に対する経済性が妥当である。	
基本要件	現場での点検作業中におけるトンネル利用者、点検作業員及び操作員及び点検作業員の安全確保がなされている。この場合、公募技術本体における安全対策に限らず、危険箇所に対する立ち入り禁止等の措置も含む。	
基本要件	従来の点検に要する費用や手間、作業員を削減し、効率化すること。	
基本要件	点検結果の記録や整理に掛かる費用や手間が削減できること。	
判定凡例 : 良好 : 可 : 課題が残る x : 不可		

6 . 今後の展開（インフラ用ロボット情報一元化システム）

政府の取組としてのS I P（戦略的イノベーション創造プログラム）の一環として、「インフラ用ロボット情報一元化システムの構築」を進めており、本現場検証・評価結果については、当該システムに組み入れて、様々な現場での有効活用や更なる技術開発を図ることとしている。

当該システムにおいては、ロボット技術に係る「技術情報、評価情報、配備情報等の関連情報」を、画像・動画、マップ、検索機能等を活用して情報発信を行う『ポータルサイト』を構築・充実するとともに、ロボット技術に係る「開発者、利用者、所有者、施設管理者、有識者等の各方面の関係者」による『各種コミュニティ』の形成を図り、ロボットの有効活用、効果的な開発を促進することとしている。

社会インフラ用ロボット情報一元化システムについて



「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」 の研究開発課題のひとつ

国土交通省直執行（総合政策局公共事業企画調整課）

業務実施機関（平成26, 27年度）
一般財団法人 先端建設技術センター
株式会社 野村総合研究所

平成26～30年度の5カ年計画（現在2年目）

スケジュール（中間目標・最終目標）

<中間目標>

平成26年度

情報一元化システムの基本構想

（達成した事項）
システムの基本構想の検討、簡易システムの構築

平成27年度

情報一元化システムの基本設計

（達成すべき事項）
想定される実現性、有効性、持続可能性

平成28年度

情報一元化システム（ベータ版）

（達成すべき事項）
システム（ベータ版）の利便性、有効性、持続可能性

<最終目標>

平成30年度

情報一元化システムの運用開始

（達成すべき事項）
システム（完成版）の利便性、有効性、持続可能性

「社会インフラ用ロボット情報一元化システム」とは？

社会インフラの維持管理及び災害対応に役立つ
ロボット・ロボット技術に関連する情報を一元化

【コンテンツの例】

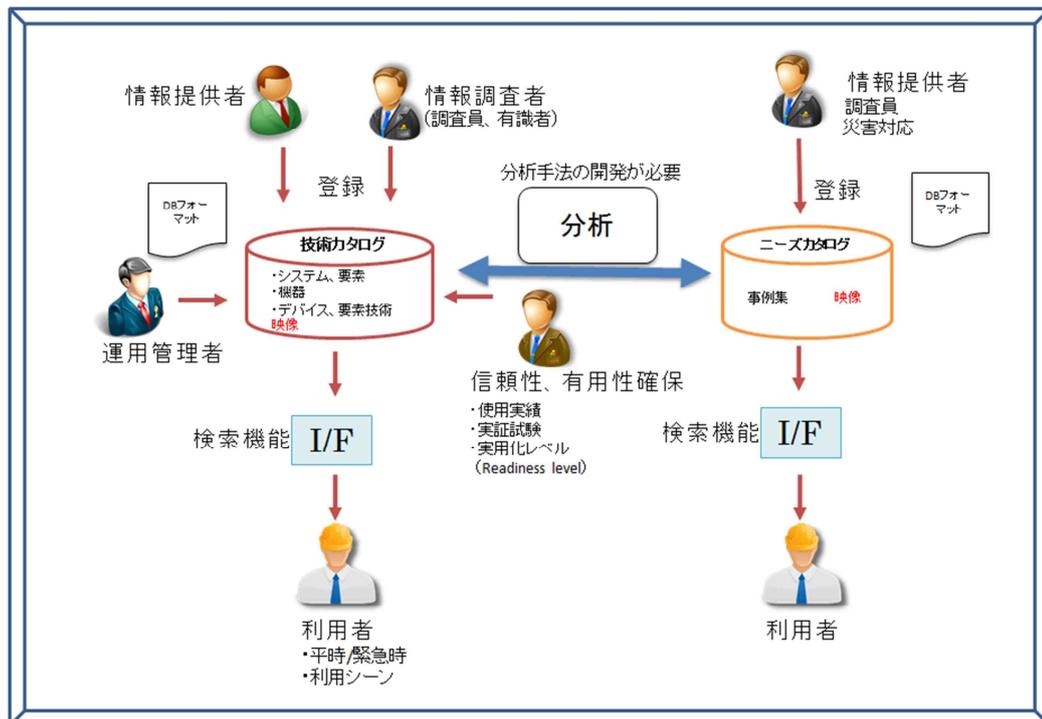
ロボットやロボット技術に関する技術情報
現場実証・評価・訓練に関する情報
ロボットの配備・保有状況
実際の災害事例 等



ロボットの利用者・開発者等が一元化した情報を
有効に活用できる仕組み

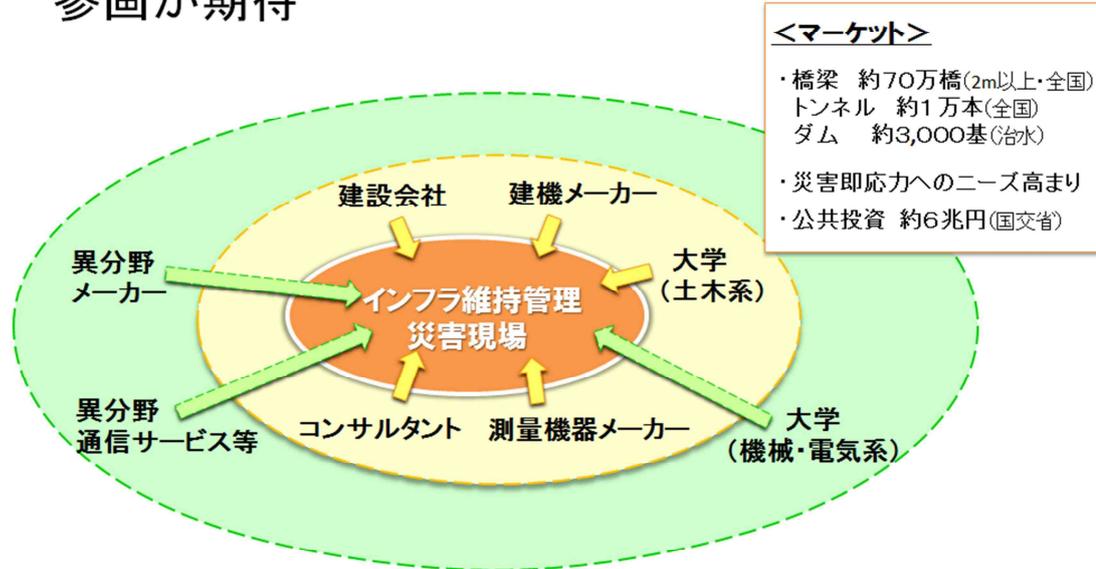
データベースの構築・運用にあたっての考え方

2013年度 産業競争力懇談会「災害対応ロボットセンター設立構想」より



幅広い分野の情報を一元化

- ロボットは異分野技術のインテグレーション
- 「社会インフラ用ロボット」に幅広いプレイヤーの参画が期待



プレイヤーの位置付け

1 ロボット・ロボット技術の開発 (シーズ側開発者向け)

主たるユーザー：ロボット技術開発者（関連技術メーカー、大学・研究機関・高等専門学校等）
ロボット製造者（完成品メーカー）



2 ロボット・ロボット技術による課題解決 (ニーズ側開発者向け)

主たるユーザー：ロボット利用者・保有者



3 ロボットの調達 (災害発生時の緊急対応含む)

主たるユーザー：ロボット利用者

幅広い利用場面を想定

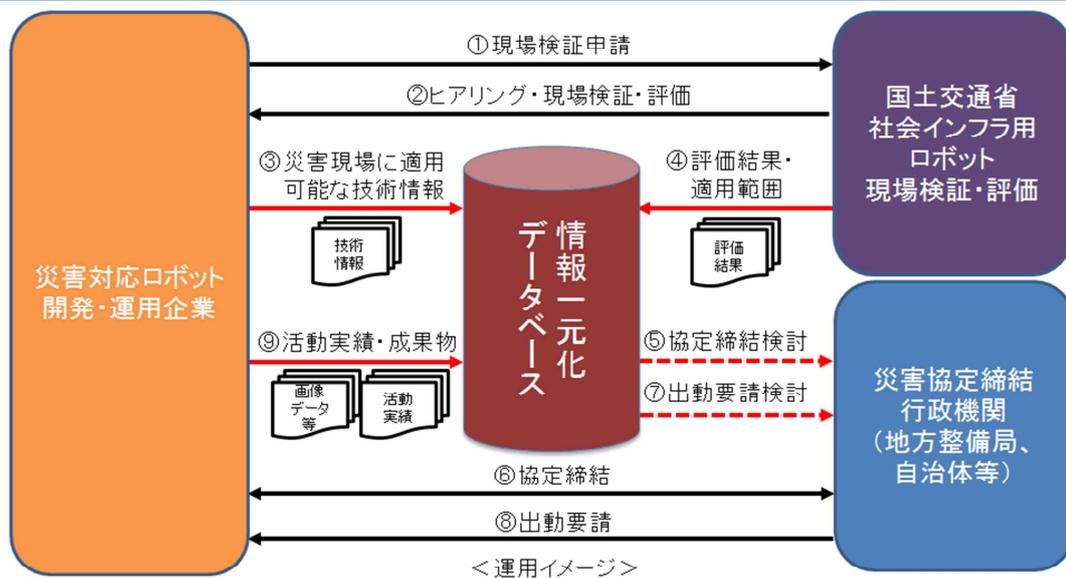
■想定される利用場面

	維持管理ロボット	災害対応ロボット
平時	技術開発 利用検討 平時利用	技術開発 利用検討
災害時	有事利用	有事利用

- 「潜在」ニーズをつかまえるというニーズも
→ニーズとシーズの関連付け(アナライズ)

災害対応ロボット情報一元化システムの先行導入

- 災害対応ロボットの現場検証・評価から運用までの情報を一元化
- 類似技術の多さ、運用実績、実用性の観点からUAV(ドローン)の技術情報を整理
- 現場検証での評価結果や活動実績・成果物を参考に、関係行政機関が災害協定を締結
- 現場条件に適した災害対応ロボットの迅速な選定・出動要請を支援



簡易データベース(Ver.1)「現場検証技術DB」

<http://www.c-robotech.info/>

現場検証技術DB

	現場検証数		評価数					
	技術	検証項目	①実用検証技術	②要案検証技術	技術	検証項目	数	
全体			技術	検証項目	数	技術	検証項目	数
橋梁維持管理部会	17	33	17	12	25	38	5	8
トンネル維持管理部会	8	12	8	2	2	2	6	10
水中橋維持管理部会	14	15	14	6	6	6	8	9
災害調査部会	19	22	19	13	13	13	8	9
反応重畳部会	7	9	6	6	7	5	1	2

①実用検証技術
現場で実現場での利用可能性があると判断される技術であり、実際の使用を想定した現場検証を実施した技術。

②要案検証技術
【橋梁維持管理部会】

平成26年度 現場検証の『評価結果』について
[橋梁維持管理部会](#)
[トンネル維持管理部会](#)
[水中橋維持管理部会](#)
[災害調査部会](#)

簡易データベース(Ver.2)

社会インフラ用ロボット
情報一元化システム

検索

閉じる

条件検索

技術検証分野:

移動機構:

現場検証評価書: 有り 無し

災害協定: 有り 無し

航続時間:

ペイロード:

撮影方法: カメラ レーザーキャナ

撮影成果: 3Dモデル 高精細画像 高密度点群 動画

クリア 検索

information

2016.01.19
 「社会インフラ用ロボット情報一元化システム意見交換会」開催のお知らせ
 2016年2月10日(水) 16:00から機械探検会館で開催します。是非、ご参加ください。
[詳細はこちら](#) [お申込はこちら](#)

参考資料 現場検証技術概要

目 次

	技術名称	頁
1	画像から抽出したクラック分析による浮き、はく離の検知技術 株式会社アルファ・プロダクト	65
2	走行型高精細画像計測システム（トンネルトレーサー） 中外テクノス株式会社	65
3	車両走行型トンネル点検システム MMSD™ 三菱電機株式会社	66
4	MMS によるトンネル点検支援技術 株式会社アスコ	66
5	デジカメ画像と赤外線熱画像を用いた画像診断システム「HIVIDAS(ヒビダス)」 清水建設株式会社	67
6	ポール型打音検査機 日本電気株式会社	67
7	トンネル覆工レーザー・赤外線画像計測システム 日本工営株式会社	68
8	走行型高速3Dトンネル点検システム MIMM-R（ミーム・アール） パシフィックコンサルタンツ株式会社	68
9	高精度トンネル覆工計測装置 西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社	69
10	トンネル覆工コンクリート調査システム 三井造船株式会社	69
11	インフラ点検システム 沖電気工業株式会社	70
12	ハンディひび割れ検出装置 東急建設株式会社	70
13	点検用飛行ロボットシステム 日本電気株式会社	71

画像から抽出したクラック分析による浮き、はく離の検知技術

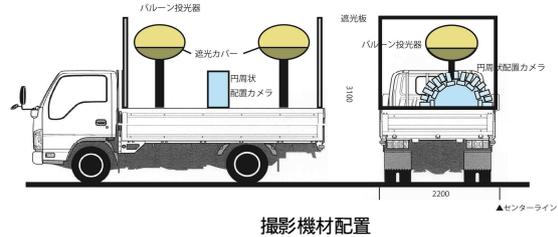
～ 近接目視の支援技術の現場検証 ～

応募者：株式会社アルファ・プロダクト
共同開発者：小堀研一(大阪工業大学 情報科学部 教授)

[概要]

道路トンネルは5年に1度の定期点検が義務付けられ、点検技術の効率化・精度向上が急務となっている。そこで、近接目視点検のスケッチ作業を効率化するため、高精度デジタルカメラでトンネル覆工コンクリートの画像データを取得し、画像データから変状展開図を作成する。これにより、現場作業時間の短縮、変状展開図の作成時間短縮・精度向上を目指す。また、画像データからひび割れを抽出し、近接目視時の確認漏れ等を補助する技術の実現も目指している。

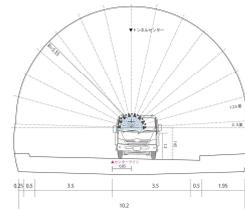
[写真・イメージ]



撮影機材配置

[特徴]

- ▶ トンネル覆工コンクリート全周の、長さ**0.8mの画像データを1回の撮影(約30秒)で取得**できる。
- ▶ 画像データを専用ソフトウェアで解析し、**ひび割れの幅と長さを0.2mm単位で自動抽出**できる。
- ▶ 画像データとして保存し、ひび割れの抽出も自動のため、記入漏れや誤計測等の**人為的ミスが発生しない**。
- ▶ ひび割れの**正確な分布が確認できる**ため、コンクリートの**浮き箇所やひび割れ発生原因を推定**できる。
- ▶ 漏水・はく離の確認や**経年変化の確認も容易**に行える。



撮影角度



撮影用機材 (FOCUS-T)

問い合わせ先： 株式会社アルファ・プロダクト 技術部 担当：原 Tel: 03-5661-5861 Mail: info@alpha-product.co.jp
URL : <http://www.alpha-product.co.jp/>

走行型高精細画像計測システム(トンネルトレーサー)

～ トンネルの近接目視の支援ができる技術の現場検証 ～

応募者：中外テクノス株式会社

[概要]

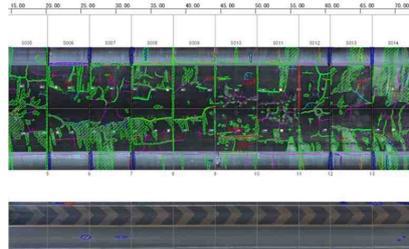
民生用4Kビデオカメラを使用した高解像度の覆工面画像を取得するシステム。民生機を使用することで、装置全体をコンパクトにできる。カメラの配置により撮影範囲及び解像度を自在に変更でき、狭隘な水路トンネル等への対応が可能。覆工表面を高い解像度で撮影することで、発生している変状を正確に記録する。交通規制なしで撮影ができ、50km/hの速度では0.3mm以上のひび割れを検知する。交通規制内の低速撮影では画像は近接点検時と同等の解像感のある高精細な画像が得られ、覆工面の状態をより正確に記録することができる。

[写真・イメージ]



[特徴]

- ▶ トンネル覆工面、路面に発生した変状を交通規制なしで撮影することで、0.3mm以上のひび割れや遊離石灰、漏水などの変状の発生状況を正確に記録できる。
- ▶ 低速走行(歩行速度程度)で撮影を行うことにより0.1mmのひび割れや、近接目視と同程度の感覚で画像から変状を読み取ることができる。
- ▶ 0.8tonトラックに搭載しているため小型で、山間部等の狭隘トンネルでの撮影も可能。
- ▶ 民生ビデオカメラを組合せたシステムであり製作費を安価に抑えられることから、装置損料等を安く設定できる。また、故障による交換や高性能な新製品への更新が容易である。



成果品例



4Kビデオカメラ

問い合わせ先： 中外テクノス株式会社 中部支社 工業計測室 担当：大崎 Tel: 052-739-3708 Mail: t.osaki@chugai-tec.co.jp

車両走行型トンネル点検システムMMSD™

～ 高精度MMSレーザ計測 + 高精細カメラ画像撮影の現場検証 ～

応募者：三菱電機株式会社

[概要]

トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状に対して、近接目視の支援を目的として以下の検証を行なう。

- 高精度レーザを用いてトンネル覆工面の形状変化を計測
- 高精細カメラを用いてトンネル覆工面の変状を撮影。
- 三次元形状と高精細画像から認識した変状の正確な三次元位置を記録し、変状展開図を作成。
- 変状展開図から詳細点検が必要な個所を絞り込む。

[写真・イメージ]



[特徴]

- ▶ **走行しながら、自動で高精度に三次元計測**
 - ✓ 通行規制が不要となり、短時間で三次元計測が可能
 - ✓ 構造物や設備の微小な経年変化の正確な計測が可能
 - ✓ これまで人力(目視)に頼っていた点検・計測作業の自動・省力化を実現し、作業のばらつき防止と技術者不足を解決
- ▶ **高精度壁面カメラと高精度解析技術の開発により、変状識別を自動化**
- ▶ **舗装調査の同時実施が可能** (ひび割れ、わだち掘れ、縦断凹凸)
- ▶ **道路付帯物計測の自動化** (台帳作成、変状計測、三次元CAD化)等、**トンネル点検業務以外への活用**が可能 (三次元データの有効活用)

問い合わせ先：三菱電機株式会社 社会環境事業部 社会システム第二部 小林 E-Mail: Kobayashi.Hiroyuki@aj.MitsubishiElectric.co.jp
Tel: 03-3218-2633 http://www.MitsubishiElectric.co.jp/

MMSによるトンネル点検支援技術

～ MMSによるスケッチ走行で効率的な変状展開図の作成を支援する技術 ～

応募者：株式会社アスコ

[概要]

MMSに搭載したレーザーによって覆工に描かれたチョークの記録を正確に捕捉し変状展開図の作成を支援する技術。従来にない高密度なレーザスキャンと世界最高水準の精度を持つGNSS/IMUを使って得た覆工上の点群を、そのまま白黒画像のように展開することで三次元処理やオルソ画像の作成などを省いて、より素早く高精度に変状展開図が作成できる。これによって現場での変状記録者は不要となると同時に高精度な変状位置の記録が可能となる。

[写真・イメージ]

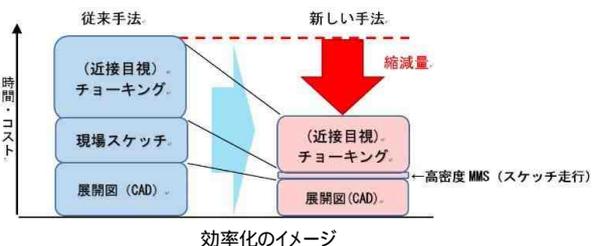


点群取得イメージ

使用する機器(MMS)

[特徴]

- ▶ あくまで変状展開図の作成を支援するもので、近接目視点検自体は前提としている。
- ▶ 現場記録の時間が短縮されるため、全体として**現場作業時間の短縮、点検の日進量の増加**が可能。
- ▶ 近接目視点検の最終工程で実施する、**高密度MMS**による走行速度は**時速15km/h**とし、走査ラインを**2cm間隔**で取得。
- ▶ 取得した点群データを**展開画像**としCAD上でトレースすることで**効率良く高精度な変状展開図**を作成可能。
- ▶ ひび割れ幅については、これを補足するものではないので、近接目視点検時に、覆工上に記載されているものとする。



効率化のイメージ

問い合わせ先：株式会社アスコ イノベーション室 楠本 Tel: 06-6282-0310 Mail: h-kusumoto@asco-ce.co.jp

デジカメ画像と赤外線熱画像を用いた画像診断システム「HIVIDAS(ヒビダス)」

～ 近接目視支援ができる技術の現場検証 ～

応募者：清水建設株式会社
共同開発者：株式会社保全工学研究所、倉敷紡績株式会社

[概要]

本技術は、デジタルカメラによる可視画像と赤外線カメラによる熱画像を同時に連続して撮影し、画像処理ソフトにより重ね合わせたハイブリッド画像を接合して、ひび割れや浮き等の変状を効率的に抽出・図化するシステムである。装置は、移動式架台に、デジタルカメラと赤外線カメラ等を搭載したものでコンパクトであり、人力で運搬・組立・撮影ができる。

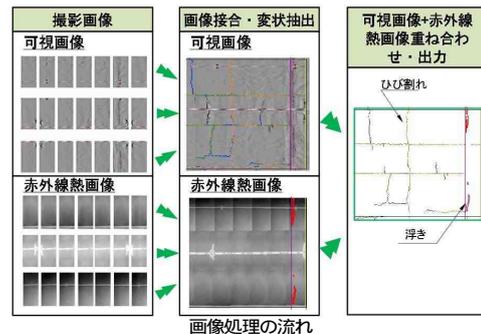
[特徴]

- > 点検箇所全体の**可視画像**および**赤外線熱画像**を効率的に撮影し、**それらの画像から変状を抽出・図化**する方法により**点検の支援**ができる。
- > トンネル**覆工表面を地上から撮影する方式**のため近接目視の**規制時間が短縮され交通障害をより小さく**することができ、また、**トンネル利用者、点検作業員の安全が確保**される。
- > ひび割れは、可視画像から**幅0.2mm以上**が検出でき、**幅と長さを自動的にトレース**できるため、ひび割れの**判定に必要な情報を得る**ことができる。
- > トンネル**変状の把握、評価は、画像解析による**ため、点検員の個人差が**無くばらつきが減少**する。
- > 展開画像から**変状部の検出と変状部の画像を出力**できるため、記録や整理に掛かる**費用や手間が削減**できる。

[写真・イメージ]



撮影装置の全景



問い合わせ先： 清水建設株式会社土木技術本部基盤技術部 久保 昌史 Tel:03-3561-3915 Mail:kubo.m@shimz.co.jp

ポール型打音検査機

～ポール型打音機を利用した打音点検の実用技術検証～

応募者：日本電気㈱
共同開発者：自律制御システム研究所、産業技術総合研究所、
首都高速道路技術センター

[概要]

手の届かない高さの打音点検箇所を足場なしでポール型打音検査機を利用して打音点検をするシステムである。
点検員が打音点検すべき箇所を判断し、その箇所にポール型打音検査機のセンサヘッド部を押し当て、打音手点検を実施。打音した際の清音・濁音の判断が可能な音声データを点検員に伝送する。
試験体をポール型打音検査機で打音し打音異常マップを作成した。人手による打音点検と同等の点検ができることを確認した。

[写真・イメージ]

点検の様子



[特徴]

- > 6mまでの高さの打音点検を足場を利用せずに実施可能。
- > センサヘッド部が打音した際の音声データを清音・濁音の判断ができる品質で点検員に伝送し聴音させる。
- > センサヘッド部に搭載したカメラで変状箇所を記録可能。



問い合わせ先：日本電気株式会社 交通・都市基盤事業部 グローバルシステム開発部 西沢 Tel:042-333-1621 Mail:nishizawa@bk.jp.nec.com

トンネル覆工レーザー・赤外線画像計測システム

～ トンネル覆工表面計測の現場検証 ～

[概要]

本技術は、2つの画像計測技術を組み合わせ、トンネル覆工点検の効率化・高速化を図る。画像計測は両技術とも時速40～60kmで交通規制なしで実施可能なものを目指す。

レーザースキャニング方式により覆工表面のひび割れ等の目視調査で確認可能な変状について画像記録を行うもので、開発済みである。

赤外線サーモグラフィ技術により覆工表面の温度画像を撮影し、自然状態で生じる温度差から覆工コンクリートの剥離箇所を抽出しようとするもので開発中の技術である。

[特徴]

レーザー計測（開発済み）

60km/hで走行しながら覆工表面画像が取得できる。
計測に当たっては、通行規制の必要が無い。
フライングスポット法あるいは同軸法での画像取得が選択可能。
画像の読み取り精度は画像取得時の条件によるが、最小0.2mm幅程度のひび割れまで抽出できる。

熱赤外線画像計測（開発中）

20km/hで走行しながら熱赤外線画像が取得できる。
熱赤外線画像から、浅い深度のはく離や空隙が抽出できる。
外部から温度変化を与えることによって、はく離・空隙の抽出精度向上を目指す。

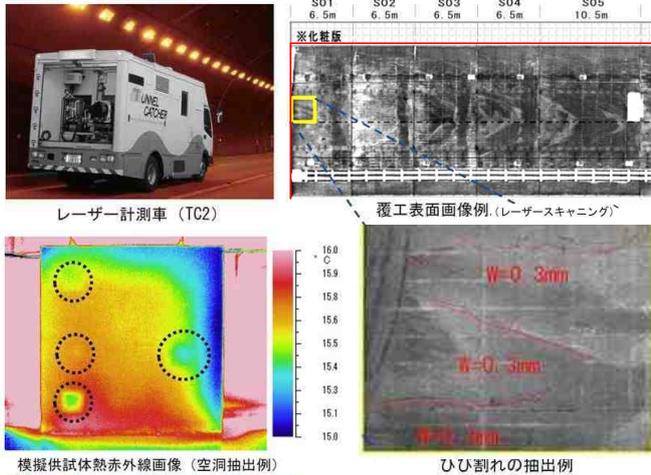
[前回からの改良点]

レーザー光の反射光検出センサアンプの感度を非線形式に改良し、画像の白飛びを抑制することによりひび割れ抽出精度向上を図った。
覆工に水ミストを噴霧することによって温度変化を与え、はく離・空隙の抽出精度向上を図った。

問い合わせ先：日本工営株式会社 インフラマネジメント事業部アセットマネジメント技術部（担当：中村）Tel: 03-3238-8110 Mail:a2461@n-koei.co.jp

応募者：日本工営株式会社
共同開発者：株式会社トノックス・株式会社ウォールナット

[写真・イメージ]



走行型高速3Dトンネル点検システム MIMM-R(ミーム・アール)

トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状の全て、または一部に対して、近接目視の支援ができる技術・システムの現場検証

[概要]

トンネル覆工壁面の連続画像撮影システム、高精度三次元レーザー計測システム、非接触レーダー探査システムを車両に搭載し、覆工表面ひび割れ、漏水等の変状とトンネル断面形状、巻厚、背面空洞等を計測する。この技術を従来点検に併用支援することにより、トンネル点検を行うもので、交通規制が不要となるため安全性、効率性、省力化、省コスト化が図れる。

[特徴-1:基本要件に関する特性]

画像、レーザー、レーダー計測システムを搭載した走行型計測車両により、変状を事前に抽出し、**近接目視や打音検査を支援**することができる。
正確な位置情報を得ることにより、変状展開図作成等の支援ができる。
走行計測による変状情報に加え、計測不能箇所やうき懸念箇所を**近接目視、打音検査時に確認**することにより、総合情報を得ることができる。
時速50～70km/h程度で計測でき、**走行型計測時の交通規制が不要**。
客観的な変状情報を事前取得することで、点検者によるバラツキを低減できる。変状展開図を作成し近接目視を行うことから、**点検時間を短縮**し、**点検全工程としての効率化を図る**ことができる。要注意箇所抽出により、近接目視、打音検査にかかる作業員を低減することができ、**トータル点検コストは従来の点検と同等程度**である（延長が長いほどコスト減）。
対面交通では半断面計測により対向車への影響がなく、指向性の強いLED照明の使用により自歩道の利用者に対しても影響はない。レーザーは安全規格に合格した機器を使用しており安全性に対する問題はない。

[前回からの改良点]

運用マニュアルの改訂
現場環境、壁面、ひび割れに応じたカメラ設定（分解能、SS、照明配置）
ひび割れ開口幅温度変化考慮（±0.2mm程度）、ひび割れ抽出法の変更
画像貼合ソフト、ひび割れ自動検出ソフトの開発

問い合わせ先：パシフィックコンサルタンツ株式会社 交通基盤事業部 トンネル部 山本 Tel: 03-6777-4763 Mail: tn-mimm@ss.pacific.co.jp

応募者：パシフィックコンサルタンツ株式会社
共同開発者：計測検査株式会社、iシステムリサーチ株式会社、株式会社ウォールナット

[写真・イメージ]



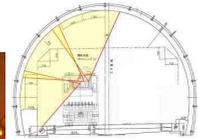
高精度トンネル覆工計測装置

～ トンネル覆工表面状態および精密形状計測システムの現場検証 ～ 応募者:西日本高速道路エンジニアリング四国㈱

[概要]

カラーラインセンサーカメラによる高精細な可視画像撮像システムと、光切断法による3次元形状計測技術を併用して、覆工コンクリートの表面状態と形状を、同時に計測、解析する。これにより、覆工コンクリートのひび割れと、剥離の前兆である段差を検出し、コンクリート片が剥落する恐れのある箇所を非接触かつ定量的に検出する技術である。将来的に、現状のトンネルの損傷評価だけでなく、定期的に計測を行うことにより劣化進行を定量的に把握できる技術を目指している。

可視画像撮影状況



カラーラインセンサーカメラ 3台

ひび割れ評価、損傷箇所抽出



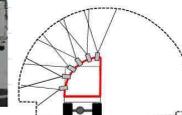
剥落危険箇所

[特徴]

- カラーラインセンサーカメラにより**高精細な可視画像**を撮影する。この画像を用いてより**定量的なひび割れ評価**が可能。
- 光切断法を用いた、**高精度の3次元形状計測**を行い、可視画像では把握できない覆工コンクリートの剥離の前兆であるコンクリート表面の段差を把握し、**剥落危険箇所を自動的に抽出**する。
- 上記の可視画像によるひび割れの進展と、段差の増加を定期的に取得することにより、**トンネルの劣化の進行を定量的に評価**することが可能となる。



3次元形状計測カメラ 6台



[前回からの改良点]

- 可視画像と形状の同時計測が可能となった。
- 局所的な損傷箇所の可視化技術の開発

問い合わせ先:西日本高速道路エンジニアリング四国㈱ 土木技術部土木技術課 林 Tel:087-834-2419 Mail:shogo.hayashi@w-e-shikoku.co.jp

トンネル覆工コンクリート調査システム

～電磁波レーダ及びレーザーによる覆工コンクリート変状調査の現場検証～ 応募者 : 三井造船株式会社
共同開発者: 株式会社ノックス

[概要]

打音検査での検知が困難であった変状(空洞やジャンカなど)がマルチパスレーダ(MPLAレーダ)により3次元で映像化できるシステム。専用の支持装置を車両に搭載し、走行しながら連続計測が可能である。(最大速度3.5km/h)

また、計測データは表面撮影車(㈱トノックス製)で得た展開図データと統合が可能で、表面と内部状況を同時に把握することで総合的な判定・管理が可能である。

[写真・イメージ]



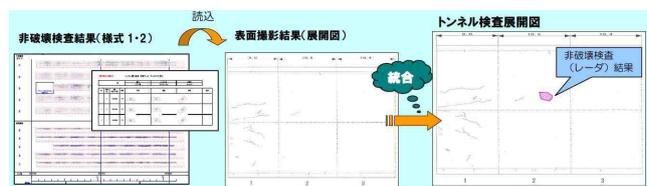
トンネル覆工内部調査 (レーダ計測)



トンネル覆工表面調査 (レーザー計測)

[特徴]

- トンネル覆工内部調査(レーダ調査)
 - ・3次元映像化レーダ(MPLA)搭載、実際の状況に近いイメージで映像化
 - ・走行しながら計測幅1mの連続計測が可能(最大3.5km/h)
- トンネル覆工表面撮影(レーザー調査)
 - ・交通規制不要(最大60km/h)
 - ・計測速度高速化、計測機器調整自動化により現場での作業時間短縮
 - ・連続画像記録によりカメラ方式に比べ画像処理時間の短縮が可能
- データの統合
 - ・表面撮影データ(展開図)に覆工内部データの情報が表示可能。
 - ・表面と内部を組み合わせた確認による統合管理が可能となる。



データの統合管理例

[前回からの改良点]

現場での統合データ出力(簡易解析)/飛散物防止ネット設置(レーダ)/レーダ装置高分解能化

問い合わせ先: 三井造船株式会社 機械・システム事業本部 社会インフラ総括部 森島 Tel: 03-3544-3221 Mail: morishih@mes.co.jp

インフラ点検システム

～ 点検現場から事務所までの一連に係る業務を総合的に支援するシステム ～

応募者：沖電気工業株式会社
共同開発者：大日本コンサルタント株式会社

[概要]

インフラ点検システムは、音響解析技術による打音検診から、打音の後工程である変状状況の把握(野帳記録、写真撮影)、報告書作成に至るまで、総合的に支援することが可能です。

現場での端末入力、変状展開図を中心に変状記録、スケッチ、写真が関連付けられ、後工程の煩雑な事務所作業を効率化します。

[特徴]

- 打音検診の自動化により、トンネル壁面のうき、空洞の変状異常を判別でき、点検様式の作成または支援が可能です。
- 変状状況の記録が関連付けられ、健全性を判定するのに必要な情報が即座に検索可能です。
- 機械的に一定の打撃力で打音を行うことにより、作業者の熟練度によるバラツキ(打音強さや打音角度)を低減でき、かつ、確実な判定が可能となります。

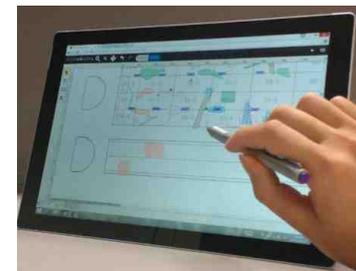
[前回からの改良点]

- 音響解析の精度向上
- 打音機構の見直し、操作性の向上
- 点検様式や変状展開図の作成など、事務所作業が効率化

[参考写真]



打音検診システム



点検記録端末、変状記録端末

問い合わせ先： 沖電気工業株式会社 社会システム事業本部 交通・防災システム事業部 事業開拓チーム
山本 剛司 Tel: 03-3454-2111 Mail: yamamoto762@oki.com

ハンディひび割れ検出装置

～ 誤検出が少ないひび割れ検出装置の現場検証～

応募者：東急建設株式会社
共同開発者：株式会社小川優機製作所

[概要]

撮影画像からひび割れを検出する従来方法では、汚れ等による誤検出という課題がありました。

本装置をコンクリート表面に手で押し当て移動(スキャン)させるとカラー画像と距離データが得られ、これらを併用したひび割れ検出方法により誤検出を減らします。

また、ひび割れ形状(幅、長さ、位置)が正確に得られるため、データ整理と変状展開図作成を省力化し、点検作業を支援します。

[写真・イメージ]



使用状況

[特徴]

- カラー画像と距離データを用いてひび割れを検出するため、汚れ等による誤検出が少ない
- 分解能が高く(最高0.1mm)、外光の影響を受けにくい
- ひび割れ形状(幅、長さ、位置)が正確に得られる(ソフトウェア開発中)ため、データ整理と点検表作成の省力化が可能
- 距離データが得られるため段差等の変状が把握できる
- ハンディな装置のため従来の調査にも取り入れ易い



カラー画像



距離データ

問い合わせ先： 東急建設株式会社 技術研究所 メカトログループ 上野 隆雄 Tel: 042-763-9533 Mail: ueno.takao@tokyu-cnst.co.jp

打音点検用飛行ロボットシステム

～飛行ロボットを活用した打音点検の要素技術検証～

【概要】

足場を必要とする高所の点検箇所の打音点検支援をするシステムであり、ロボット操作員と点検員、安全確認員の3人により運用する。

【特徴】 開発中

- 6m以上の高さの打音点検を、高所作業車といった足場を利用せずに飛行ロボットを利用して打音点検をする。
- 打音点検箇所を探索するため、壁面に沿って一定の距離をあけて自律的な飛行制御をしつつ、画像データを収集する。
- 打音点検箇所に自律的な飛行制御で壁面へ打検機を押し当て、ロボット操作員の操作を容易にする。

【昨年度からの改善点】

- 打音点検箇所の探索のための壁面に沿わせた飛行を、トータルステーションのロボット位置情報に基づき制御、ロボット操作員のコントローラ操作を容易化。
- 打検機を搭載した飛行ロボットの開発と、打検機を壁面に水平方向に押し当てる飛行制御の実現。

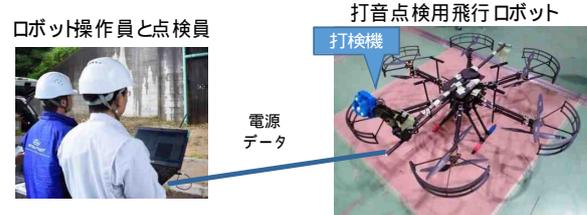
【今後の開発課題】

- 打音可能箇所の拡大と確実な押し当て。
- ロータなどのノイズの除去により、清音・濁音が判別可能な品質の打音を点検員が聴音可能にする。

応募者：日本電気㈱

共同開発者：自律制御システム研究所、産業技術総合研究所、首都高速道路技術センター

【写真・イメージ】



打音点検用飛行ロボットを使ったトンネル点検



問い合わせ先：日本電気株式会社 交通・都市基盤事業部 グローバルシステム開発部 西沢 Tel:042-333-1621 Mail:nishizawa@bk.jp.nec.com

