

(案)

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

～トンネルの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27年3月〇〇日

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

目 次

1.	現場検証結果の公表について	1
2.	公募の概要	1
2-1	公募技術	1
2-2	公募期間	1
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	2
4.	現場検証	3
4-1	宮ヶ瀬ダム北岸林道トンネル	3
4-2	施工技術総合研究所模擬トンネル	7
5.	現場検証・評価の結果	13
5-1	総評	13
5-2	現場検証・評価の結果	15
6.	その他	19
6-1	トンネル維持管理部会委員	19
6-2	問い合わせ先（事務局）	19
	参考資料 現場検証技術概要	20

1. 現場検証結果の公表について

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会では、平成26年4～5月の間に、より効率的・効果的な『トンネル維持管理に資するロボット』について、現場検証及び評価の対象となる実用化技術（開発中も含む）を公募しました。

その結果、10者から10技術16検証項目の応募がありました。

応募された技術から、「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」で評価対象技術を選考し、国土交通省の直轄現場等で現場検証を行って、実用性に係る効果及び課題について評価しました。

今回、『トンネル維持管理に資するロボット』の活用及び開発促進に向けて、評価結果を公表します。

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、点検者を点検箇所近づけて移動できる技術・システム

2-2 公募期間

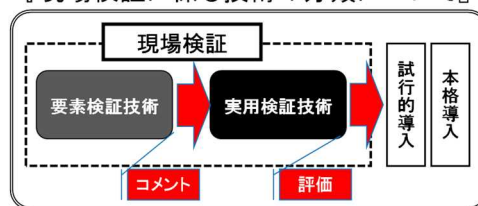
平成26年4月9日～5月28日

3. 公募の結果

3-1 応募数：10技術 16検証項目

3-2 現場検証数

『現場検証に係る技術の分類について』



・ 実用検証技術^{※1} : 2技術 2検証項目

・ 要素検証技術^{※2} : 6技術 10検証項目

- ※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。
 ※2 現時点では実現場での適用は困難であるものの、今後の開発により実現場での利用が見込める技術であり、データ収集や各要素の稼働状況の確認などを目的として現場検証を実施した技術。

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	検証項目 ※3、※4			ロボットを構成する要素技術			実施場所 ※4		NEDO ※5
				[1]	[2]	[3]	移動機構	センサー・データ収集機構		宮ヶ瀬ダム北岸 林道トンネル	施工技術総合研 究所模擬トンネ ル	
								近接目視	打音検査			
1	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(株)	計測検査(株) システムリサーチ(株) (株)ウォールナット	① (一部②を 含む)			車両走行(自走)	3CCDカメラ 高精度三次元レー ザ 非接触レーダ		①	②	
2	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)	(株)トノックス (株)ウォールナット	① (一部②を 含む)			車両走行(自走)	レーザースキャナ 赤外線サーモグラ フィ		① (一部②を含む)	②	
3	近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム	新日本非破壊検査(株)	名古屋大学 九州工業大学 福岡県工業技術センター	②	②		壁面押付車輪走行	小型カメラ	(開発中)			②
4	トンネル覆工コンクリート調査車	三井造船(株)	(株)トノックス	②	②		(なし、別途車両に よる)	レーザースキャン MPLAレーダ	MPLAレーダ	②	②	
5	トンネル点検用飛行ロボットシステム	日本電気(株)	(株)自律制御システム研究所 (独)産業技術総合研究所 (一財)首都高速道路技術セン ター	②	②		回転翼機構	可視カメラ 赤外線カメラ	小型アクチュエータ 又は高周波振動素 子	②	②	
6	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)	-	②	②		車両走行(自走)	ラインセンサカメラ	表面形状計測技術		②	
7	打音によるコンクリート変状の自動識別システム	東急建設(株)	東京大学 山下研究室		②		吸着式クローラ		打音発生装置 マイク カメラ	②	②	
8	打音診断システム	沖電気工業(株)	大日本コンサルタント(株)		②		(なし、別途車両に よる)		ソレノイド式ハン マー	②	②	

※3 対象項目凡例

- [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、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まで移動できる技術・システム

※4 ①:「実用検証技術」…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。

②:「要素検証技術」…現時点では実現場での適用は困難であるものの、今後の開発により実現場での利用が見込める技術であり、データ収集や各要素の稼働状況の確認などを目的として現場検証を実施した技術。

※5 「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
 トンネル維持管理部会では該当なし

4. 現場検証

現場検証は、宮ヶ瀬ダム北岸林道トンネル（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）で実施した。

概要を以下に示す。

4-1. 宮ヶ瀬ダム北岸林道トンネルの検証

- (1) 検証時期：平成 26 年 10 月 2 日～ 3 日
平成 26 年 10 月 7 日～10 日
平成 26 年 11 月 4 日～ 8 日
- (2) 検証場所：宮ヶ瀬ダム北岸林道トンネル
(神奈川県相模原市緑区青山)
- (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、打音検査の代替または支援ができる技術・システム

【実施内容】

・公募技術[1]

実用検証技術については、宮ヶ瀬ダム北岸林道トンネル（葦尾根トンネル）の坑口部・中央部に検証用覆工区間を設定し、応募技術によるトンネル覆工面に対する点検の実施及び、変状展開図や変状写真台帳等の点検調書作成により、従来手法で実施したトンネル点検結果との検証を実施する。

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、宮ヶ瀬ダム北岸林道トンネル（葦尾根トンネル）において、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、データ採取を実施する。

・公募技術[2]

要素検証技術について、今後の製品化や事業化に向けた開発・改良のために、宮ヶ瀬ダム北岸林道トンネル（葦尾根トンネル）において、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、データ採取を実施する。

公募技術[2]の本年度の応募は、要素検証技術のみであった。

(4) 検証状況

No. 1

走行型高速3Dトンネル点検システムMIMM-R (ミーム・アール)

応募代表者 : パシフィックコンサルタンツ(株)

検証分野 : [1] 近接目視の代替または支援

検証日 : 平成26年10月2日



No. 2

トンネル覆工レーザー・赤外線画像計測システム

応募代表者 : 日本工営(株)

検証分野 : [1] 近接目視の代替または支援

検証日 : 平成26年10月2日

平成26年11月5日



No. 4

トンネル覆工コンクリート調査車

応募代表者 : 三井造船(株)

検証分野 : [1] 近接目視の代替または支援
[2] 打音検査の代替または支援

検証日 : 平成26年10月9日



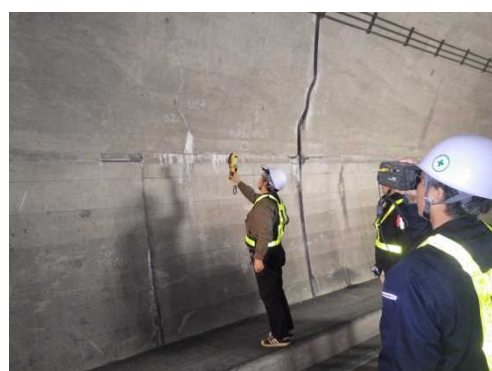
No. 5

トンネル点検用飛行ロボットシステム

応募代表者 : 日本電気(株)

検証分野 : [1] 近接目視の代替または支援
[2] 打音検査の代替または支援

検証日 : 平成26年11月4日



No. 7

打音によるコンクリート変状の自動識別システム

応募代表者 : 東急建設(株)

検証分野 : [2] 打音検査の代替または支援

検証日 : 平成26年10月7日

平成26年11月6日



No. 8

打音診断システム

応募代表者 : 沖電気工業(株)

検証分野 : [2] 打音検査の代替または支援

検証日 : 平成26年10月8日

平成26年11月7日



4-2. 施工技術総合研究所模擬トンネルの検証

- (1) 検証時期：平成 26 年 10 月 20 日 ～ 31 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)
- (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、打音検査の代替または支援ができる技術・システム

【実施内容】

・公募技術[1]

要素検証技術について、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、データ採取を実施する。

施工技術総合研究所での検証実施は、要素検証技術のみであった。

・公募技術[2]

要素検証技術について、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、打音検査用変状供試体を使用して、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、データ採取を実施する。

公募技術[2]の本年度の応募は、要素検証技術のみであった。

(4) 検証状況

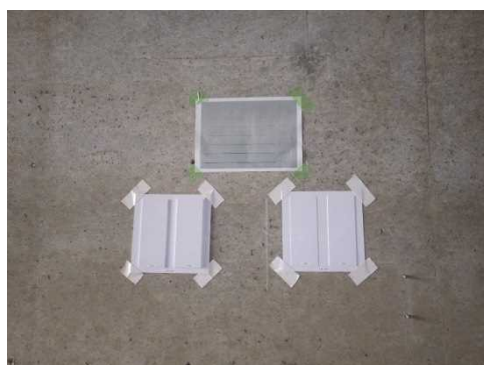
No. 1

走行型高速3Dトンネル点検システムMIMM-R (ミーム・アール)

応募代表者 : パシフィックコンサルタンツ(株)

検証分野 : [1] 近接目視の代替または支援

検証日 : 平成26年10月22日



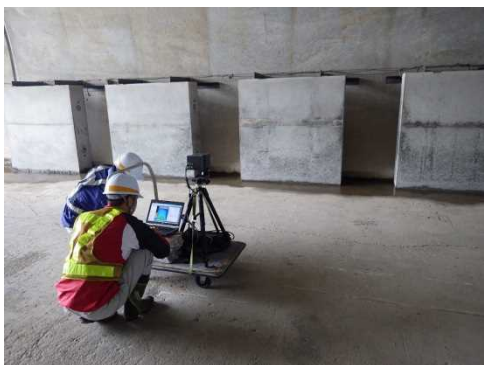
No. 2

トンネル覆工レーザー・赤外線画像計測システム

応募代表者 : 日本工営(株)

検証分野 : [1] 近接目視の代替または支援

検証日 : 平成26年10月23日



No. 3

近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム

応募代表者 : 新日本非破壊検査(株)

検証分野 : [1] 近接目視の代替または支援
[2] 打音検査の代替または支援

検証日 : 平成26年10月30日



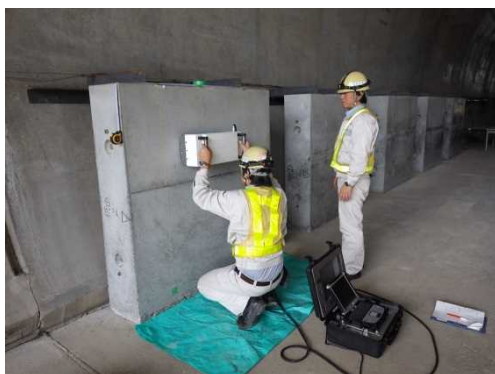
No. 4

トンネル覆工コンクリート調査車

応募代表者 : 三井造船(株)

検証分野 : [1] 近接目視の代替または支援
[2] 打音検査の代替または支援

検証日 : 平成26年10月20日



No. 5

トンネル点検用飛行ロボットシステム

応募代表者 : 日本電気(株)

検証分野 : [1] 近接目視の代替または支援
[2] 打音検査の代替または支援

検証日 : 平成26年10月22日



No. 6

高精度トンネル覆工計測装置

応募代表者 : 西日本高速道路エンジニアリング四国(株)

検証分野 : [1] 近接目視の代替または支援

[2] 打音検査の代替または支援

検証日 : 平成26年10月30日



No. 7

打音によるコンクリート変状の自動識別システム

応募代表者 : 東急建設(株)

検証分野 : [2] 打音検査の代替または支援

検証日 : 平成26年10月23日



No. 8

打音診断システム

応募代表者 : 沖電気工業(株)

検証分野 : [2] 打音検査の代替または支援

検証日 : 平成26年10月27日



5. 現場検証・評価の結果

5-1 総評

トンネルの維持管理に資するロボットについては、

- [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、打音検査の代替または支援ができる技術・システム

について、宮ヶ瀬ダム北岸林道トンネル、施工技術総合研究所模擬トンネルにおいて、現場検証・評価を実施しました。

[1] では、6件（辞退2件を除く）の応募技術のうち、実用可能と思われる技術（以下「実用検証技術」という）2件の現場検証・評価を行いました。これら2件の技術は、いずれも車両に取り付けたカメラ等により、車両を走行させながらトンネル壁面の撮影あるいはスキャンする技術（車両走行型検査技術）でした。

これら2件の技術について、応募者は各々の点検結果にもとづいて変状展開図^{※6}を作成いたしました。これを従来手法による変状展開図と比較した結果、今回の現場検証においての精度は、従来手法の近接目視による調査精度のレベルには至っておりませんでした。今後は、両技術とも変状の検出精度の向上が望まれます。

その他、開発中の技術（4件）については、要素のみの確認を行う技術（以下「要素検証技術」という）として現場検証を行いました。

[2] については、6件（辞退2件を除く）の応募技術全てに対して要素検証技術として現場検証を行いました。

※6 トンネル内の種々の変状をトンネル坑内の展開図に図示したものの。

今年度、現場検証によって実用検証技術の長所および短所が明確となり、現場への試行的導入および今後の開発の方向性について部会として評価を行いました。長所としては、現行手法による点検作業で必要となる車線規制時間が短縮される可能性があること、ならびに点検作業の省力化の可能性のあることを確認しました。短所としては、取得データから変状を検出する作業において、検出者の熟練度等によって、変状検出精度にばらつきが生じる可能性があることを確認しました。一方、要素検証技術については、今後の開発の方向性について部会として助言を行いました。

今回の現場検証の結果からは、現行手法による点検作業の代替または全面的な支援となる技術は確認できませんでしたが、現存する各技術の現状確認、ならびに今後の開発の方向性を示せたことは、非常に意義があったと考えております。

今後、次回の現場検証に向けて、各開発者においては、今回の現場検証から明らかとなった種々の課題を解決し、技術開発を促進されることを期待します。

トンネル維持管理部会長 西村 和夫

5-2 現場検証・評価の結果（対象技術毎）

～トンネル維持管理部会〔1〕～

公募対象	[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、近接目視の代替または支援ができる技術・システム
技術グループ 〔現場検証数／応募総数〕	■車両走行型検査技術〔4／5〕 辞退 1 車両に取り付けたカメラ等により、車両を走行させながらトンネル壁面の撮影あるいはスキャニングする。 [実用検証技術：2件、要素検証技術：2件]
	■飛行型検査技術〔1／1〕 無人の飛行ロボットにカメラを搭載し、壁面を撮影する。 [実用検証技術：0件、要素検証技術：1件]
	■壁面移動型検査技術〔1／2〕 辞退 1 トンネル壁面あるいは天井面を移動する装置。同装置にカメラを装備することで点検作業を行える。 [実用検証技術：0件、要素検証技術：1件]

実用検証技術

応募代表者	共同開発者	技術名称	検証場所	総合評価
パシフィックコンサルタンツ(株)	計測検査(株) システムリサーチ(株) (株)ウォールナット	走行型高速3Dトンネル点検システム MIMM-R (ミーム・アール) (車両走行型検査技術) (No. 1) ※7	宮ヶ瀬ダム 北岸林道 トンネル 施工技術総合研究所模擬トンネル	◇ 変状の誤検出および未検出があるため、変状検出精度を高める必要がある。 * 今回の検証結果からは、近接目視の代替としての利用は困難であると判断される。 * 今回の検証結果からは、以下の活用可能性を念頭に、検出精度を高め、変状の検出率の改善を図る必要があると判断される。 <ul style="list-style-type: none"> 現行手法による点検のための予備的な調査あるいは支援による車線規制時間の短縮。 変状のスケッチ、写真撮影ならびに変状展開図作成の支援。
日本工営(株)	(株)トノックス (株)ウォールナット	トンネル覆工レーザー・赤外線画像計測システム (車両走行型検査技術) (No. 2)	宮ヶ瀬ダム 北岸林道 トンネル 施工技術総合研究所模擬トンネル	◇ 変状の誤検出および未検出があるため、変状検出精度を高める必要がある。 * 今回の検証結果からは、近接目視の代替としての利用は困難であると判断される。 * 今回の検証結果からは、以下の活用可能性を念頭に、検出精度を高め、変状の検出率の改善を図る必要があると判断される。 <ul style="list-style-type: none"> 現行手法による点検のための予備的な調査あるいは支援による車線規制時間の短縮。 変状のスケッチならびに変状展開図作成の支援。

※7 表中のNo. は、3-3 現場検証技術一覧表および参考 現場検証技術概要の番号を示す。

要素検証技術

応募代表者	共同開発者	技術名称	検証場所	コメント※8
新日本非破壊検査㈱	名古屋大学 九州工業大学 福岡県工業技術センター	近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム (壁面移動型検査技術) (No. 3) ※7	施工技術総合研究所模擬トンネル	・移動機構とセンサー・データ収集機構の実用化に向けて更なる開発が必要である。 ・点検時の安全確保対策の開発が必要である。
三井造船㈱	(株)トノックス	トンネル覆工コンクリート調査車 (車両走行型検査技術) (No. 4)	宮ヶ瀬ダム北岸林道トンネル 施工技術総合研究所模擬トンネル	・実トンネルにおける変状検出精度の確認が必要である。
日本電気㈱	(株)自律制御システム研究所 (独)産業技術総合研究所 (一財)首都高速道路技術センター	トンネル点検用飛行ロボットシステム (飛行型検査技術) (No. 5)	宮ヶ瀬ダム北岸林道トンネル 施工技術総合研究所模擬トンネル	・移動機構とセンサー・データ収集機構の実用化に向けて更なる開発が必要である。 ・点検時の安全確保対策の開発が必要である。
西日本高速道路エンジニアリング四国㈱	—	高精度トンネル覆工計測装置 (車両走行型検査技術) (No. 6)	施工技術総合研究所模擬トンネル	・実トンネルにおける変状検出精度の確認が必要である。

※7 表中のNo. は、3-3 現場検証技術一覧表および参考 現場検証技術概要の番号を示す。

※8 公募要件に対する部会としての評価ではない。ただし、要素検証技術の確認に立ち会った部会の委員等からコメントを頂いた場合は記載。

～トンネル維持管理部会〔2〕～

公募対象	[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、打音検査の代替または支援ができる技術・システム
技術グループ 〔現場検証数／応募総数〕	<p>■車両走行型検査技術〔2／2〕 車両に取り付けたカメラ等により、車両を走行させながらトンネル壁面の撮影あるいはスキャンングする。 [実用検証技術：0件、要素検証技術：2件]</p> <p>■飛行型検査技術〔1／2〕 辞退 1 無人の飛行ロボットに打音装置を搭載し、壁面を打音する。 [実用検証技術：0件、要素検証技術：1件]</p> <p>■壁面移動型検査技術〔1／2〕 辞退 1 トンネル壁面あるいは天井面を移動する装置。同装置に打音装置を装備することで点検作業を行える。 [実用検証技術：0件、要素検証技術：1件]</p> <p>■打音検査技術〔2／2〕 打音を行う装置。 [実用検証技術：0件、要素検証技術：2件]</p>

要素検証技術

応募代表者	共同開発者	技術名称	検証場所	コメント※8
新日本非破壊検査㈱	名古屋大学 九州工業大学 福岡県工業技術センター	近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム（壁面移動型検査技術） （No. 3）※7	施工技術総合研究所模擬トンネル	・移動機構とセンサー・データ収集機構の実用化に向けて更なる開発が必要である。 ・点検時の安全確保対策の開発が必要である。
三井造船㈱	（株）トノックス	トンネル覆工コンクリート調査車（車両走行型検査技術） （No. 4）	宮ヶ瀬ダム北岸林道トンネル 施工技術総合研究所模擬トンネル	・実トンネルにおける変状検出精度の確認が必要である。
日本電気㈱	（株）自律制御システム研究所 （独）産業技術総合研究所（一財）首都高速道路技術センター	トンネル点検用飛行ロボットシステム（飛行型検査技術） （No. 5）	宮ヶ瀬ダム北岸林道トンネル 施工技術総合研究所模擬トンネル	・移動機構とセンサー・データ収集機構の実用化に向けて更なる開発が必要である。 ・点検時の安全確保対策の開発が必要である。
西日本高速道路エンジニアリング四国㈱	—	高精度トンネル覆工計測装置（車両走行型検査技術） （No. 6）	施工技術総合研究所模擬トンネル	・実トンネルにおける変状検出精度の確認が必要である。
東急建設㈱	東京大学 山下研究室	打音によるコンクリート変状の自動識別システム（打音検査技術） （No. 7）	宮ヶ瀬ダム北岸林道トンネル 施工技術総合研究所模擬トンネル	・移動機構とセンサー・データ収集機構の実用化に向けて更なる開発が必要である。 ・点検時の安全確保対策の開発が必要である。
沖電気工業㈱	大日本コンサルタント(株)	打音診断システム（打音検査技術） （No. 8）	宮ヶ瀬ダム北岸林道トンネル 施工技術総合研究所模擬トンネル	・移動機構とセンサー・データ収集機構の実用化に向けて更なる開発が必要である。

※7 表中のNo. は、3-3 現場検証技術一覧表および参考 現場検証技術概要の番号を示す。

※8 公募要件に対する部会としての評価ではない。ただし、要素検証技術の確認に立ち会った部会の委員等からコメントを頂いた場合は記載。

～トンネル維持管理部会[3]～

公募対象	[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
技術グループ {現場検証数/応募総数}	今年度は応募技術がないため、評価対象としない。

6. その他

6-1 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	東北大学大学院 准教授
	水谷 敏則	(一社) 日本トンネル技術協会 専務理事
	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
	福田 敬大	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	(独) 土木研究所 道路技術研究グループ 上席研究員
	藤野 健一	(独) 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	(独) 産業技術総合研究所 知能システム部門 グループ長
	生井 達朗	(独) 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)

6-2 問い合わせ先（事務局）

国土交通省総合政策局公共事業企画調整課 ロボット担当

E-mail: robotech@mlit.go.jp

Tel: 03-5253-8286 (課内直通)


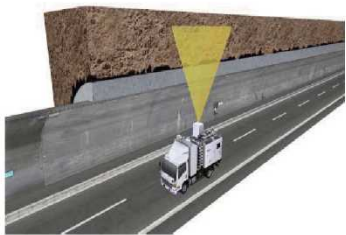
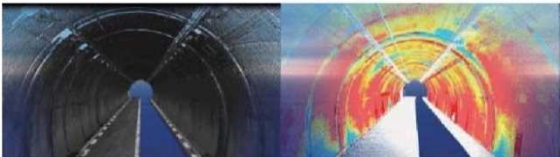
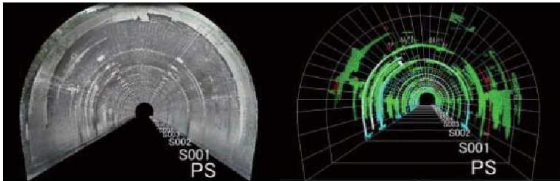
※その他、写真や動画等の詳しい情報を、「次世代社会インフラ用ロボット技術・ロボットシステム～現場検証ポータルサイト～」に掲載しております。

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


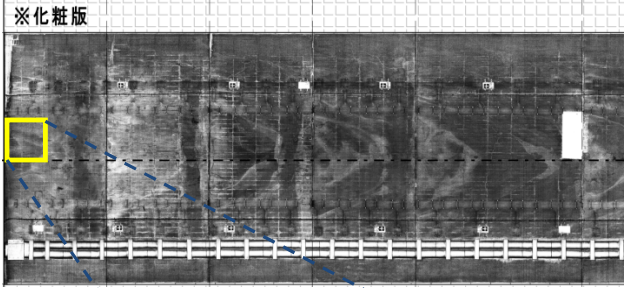
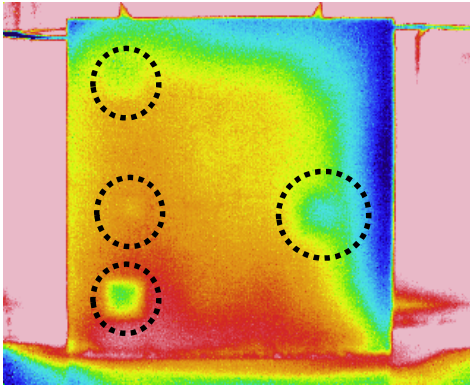
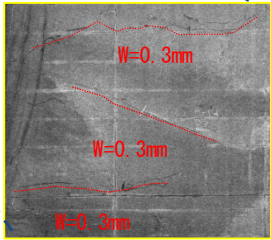
参 考

現場検証技術概要

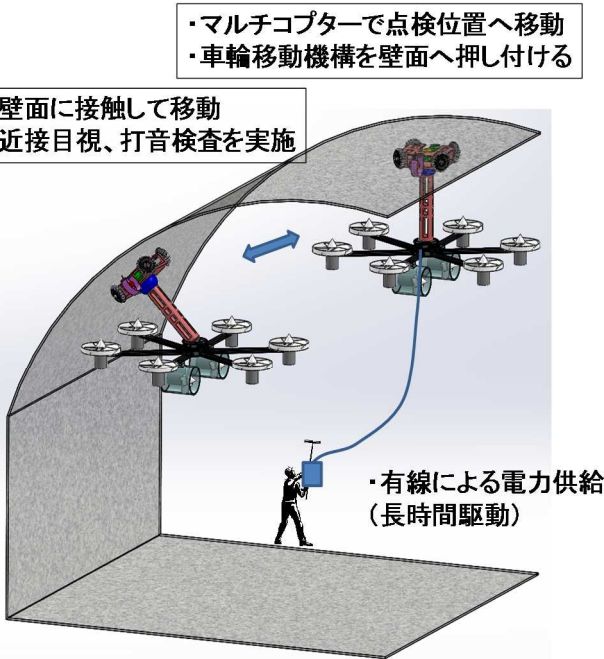
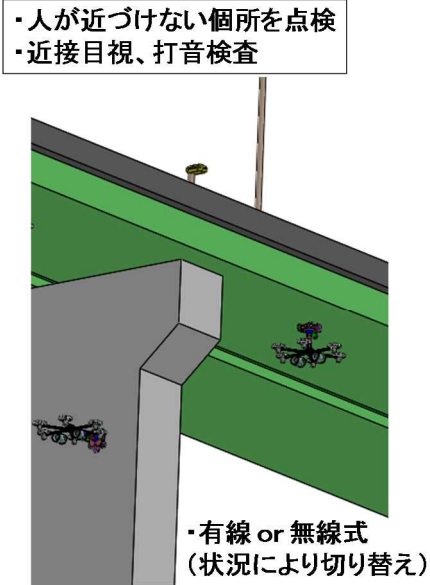
技術概要 (No.1)

技術名称	走行型高速3Dトンネル点検システム MIMM-R (ミー・アール)
副題	交通規制が不要で、高速走行しながらトンネル覆工壁面カラー画像と高精度な三次元空間位置データ、巻厚・背面空洞を効率よく取得し把握するシステム
技術概要	<p>3 CCDカメラによるトンネル覆工壁面の連続画像撮影システムと高精度三次元レーザ計測システム及び非接触レーダ探査システムを車両に搭載し、覆工表面に発生したひび割れ、漏水、材質劣化等の変状とトンネル断面形状、変形モード、段差、巻厚、背面空洞等を計測する。この技術を活用して、トンネル点検、健全度診断を行うもので、交通規制が不要であり、従来点検より安全性、効率性、省力化、高精度化が図れる。</p> <p>【主な機能】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・トンネルレーザ計測及び変形解析：断面の変形（覆工の変形、段差等）の検出 ・トンネル画像計測及び損傷度評価：覆工コンクリート表面の画像撮影と損傷把握 ・トンネルレーダ計測及び空洞評価：非接触型レーダによる巻厚、背面空洞の探査
適用分野 ■:対象 □:非対象	<p>トンネル維持管理</p> <p>(■近接目視 □打音検査)</p>
図・写真等	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>高精度レーザー 100万点/秒, 200サイクル/秒 5000点/周 (4mm 間隔)</p> <p>レーダ</p> <p>LEDライト カメラ</p>  </div> <div style="width: 45%;">  <p>高速走行しながら、非接触レーダアンテナで覆工厚さ、背面空洞を探査できます。</p> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;">  <p>レーザー計測結果による点群データ (左) と変形モードコンター図 (右)。赤色は内空側への変形を示しています。</p> </div> <div style="margin-top: 10px;">  <p>連続画像の貼り合せ状況 (左) と損傷マップ (右)。覆工表面の変状を客観的に評価できます。ひび割れ等の変状の位置情報が正確に捉えられるため、進行性把握が容易になります。</p> </div>
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	<ul style="list-style-type: none"> ・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
連絡先	<p>所 属：交通基盤事業本部 トンネル部</p> <p>役職・氏名：部長 石井 博規</p> <p>所在地：〒163-6018 東京都新宿区西新宿六丁目8番1号</p> <p>電 話：03-5989-8321 F A X：03-5989-8329</p> <p>E-M a i l：tn-mimm@ss.pacific.co.jp</p>

技 術 概 要 (No.2)

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					
副題	レーザーと赤外線でひび割れ、うき、はく離を同時検出					
技術概要	<p>本技術は以下の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。画像計測は双方とも時速40~60kmで交通規制なしで実施可能である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 ・ 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はく離箇所を抽出する。 					
適用分野 ■:対象 □:非対称	<p>トンネル維持管理 (■近接目視 □打音検査)</p>					
図・写真等	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <p style="text-align: center;">レーザー計測車 (TC2)</p> </div> <div style="width: 50%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">S01 6.5m</td> <td style="text-align: center;">S02 6.5m</td> <td style="text-align: center;">S03 6.5m</td> <td style="text-align: center;">S04 6.5m</td> <td style="text-align: center;">S05 10.5m</td> </tr> </table> <p>※化粧版</p>  <p style="text-align: center;">覆工表面画像例 (レーザースキャニング)</p> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;">  <p style="text-align: center;">模擬供試体熱赤外線画像 (空洞抽出例)</p> </div> <div style="margin-top: 10px; text-align: right;">  <p style="text-align: center;">ひび割れの抽出例</p> </div>	S01 6.5m	S02 6.5m	S03 6.5m	S04 6.5m	S05 10.5m
S01 6.5m	S02 6.5m	S03 6.5m	S04 6.5m	S05 10.5m		
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					
連絡先	<p>〒102-0083 東京都千代田区麹町 4-2 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 Tel. 03-3238-8110 Fax. 03-3238-8094</p>					

技術概要 (No.3)

技術名称	近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム
副題	近接目視・打音検査を接触状態で実施する飛行型点検ロボット
技術概要	<p>本装置は、インフラ構造物の健全性評価と長寿命化を目的とし、飛行体（マルチコプター）により橋梁・トンネル*などのコンクリート構造物に接近して、壁面に走行車輪を押し付け車輪駆動により移動しながら、近接目視と打音検査を接触状態で実施する点検ロボットシステムである。また同一ロボットに超音波検査装置を搭載し、鋼製部材の厚さ測定を行うことも可能とする。</p> <p>（*現在開発中であり、本年度はトンネルのみ適用）</p>
適用分野 ■:対象 □:非対象	<p>トンネル維持管理 （ ■近接目視 ■打音検査 ）</p>
図・写真等	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>トンネル点検</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>橋梁点検</p> </div> </div>
応募者	新日本非破壊検査株式会社
共同開発者	名古屋大学大学院 工学研究科、九州工業大学大学院 福岡県工業技術センター機械電子研究所
連絡先	<p>新日本非破壊検査株式会社 メカトロニクス部 和田 〒803-8517 北九州市小倉北区井堀4丁目10-13 電話番号：093-581-1256 F A X 番号：093-581-2232 E-mail：h-wada@shk-k.co.jp</p>

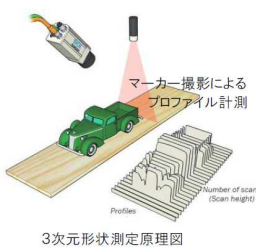
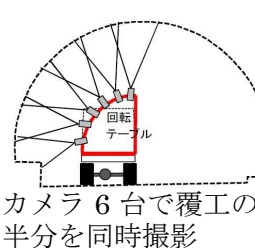
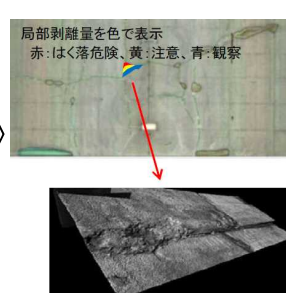

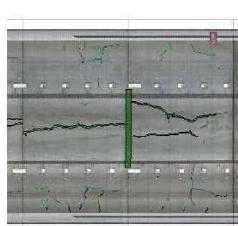
技術概要 (No.4)

技術名称	トンネル覆工コンクリート調査車
副題	電磁波レーダによる変状調査
技術概要	<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。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。</p> <p>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、表面と内部状況による総合的な判定が可能となる。</p>
適用分野 ■:対象 □:非対象	<p>トンネル維持管理</p> <p>（■近接目視 ■打音検査）</p>
<p>図・写真等</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>TONOX トンネルキャッチャー TC2</p> <p>高速計測60km/h コンパクト・高性能</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>MES トンネル覆工非破壊検査システム</p> <p>高性能MPLAレーダ搭載 3次元画像データ出力</p> </div> </div> <div style="border: 1px solid blue; border-radius: 15px; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: center; color: blue;">「トンネルキャッチャー」と「トンネル覆工検査システム」で 表面撮影検査・非破壊検査データを統合管理</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 覆工表面撮影で得られた展開図に非破壊検査データの異常情報が表示できます。 ● トンネル覆工検査結果の統合管理が可能で、表面と内部状況の総合的な確認が容易になります。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>非破壊検査結果(様式 1-2)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>表面撮影結果(展開図)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>トンネル検査展開図</p>  </div> </div> <p style="text-align: center; color: blue;">統合</p> </div>
応募者	三井造船株式会社 森島 弘吉
共同開発者	株式会社トノックス
連絡先	<p>三井造船株式会社 機械・システム事業本部産業機械営業部 〒104-8439 東京都中央区築地5丁目6番4号 TEL : 03-3544-3221 FAX : 03-3544-3055 担当 : 森島 (Email : morishih@mes.co.jp)</p>

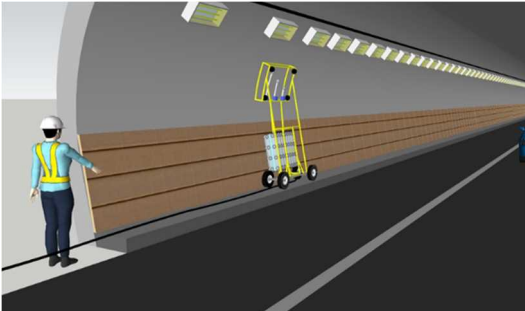
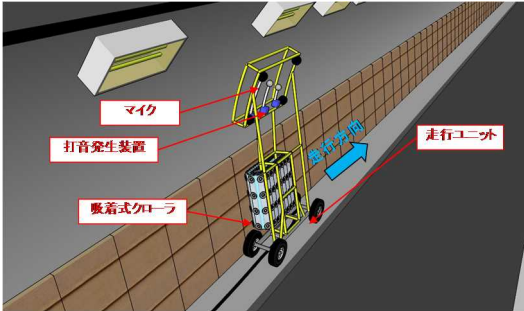
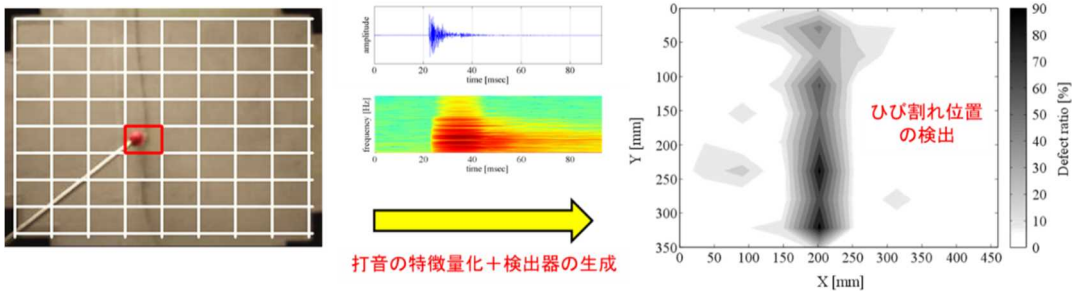
技術概要 (No.5)

技術名称	トンネル点検用飛行ロボットシステム
副題	非GPS環境下で飛行できる無人のマルチロータヘリにより、同機材に搭載したトンネル内変状を確認できる可視及び赤外カメラによる画像取得・判別、及び同じく搭載した打音検査機による打音情報の収集と分析技術を具備したシステム
技術概要	小型の飛行ロボットに複数の光学センサ、及び打音検査機を搭載し、半自動でトンネル内上面を含む広範囲の壁面情報を取得して地上作業員に情報提供すると共に、点検表様式の作成支援を行う。 プラットフォームとなる飛行ロボットは、自己位置の推定と環境地図作成機能、およびナビゲーションアルゴリズムとの組み合わせでGPSに依存しない飛行制御方式を実現し、壁面・障害物認識による自律/半自律飛行を可能とする。 機体上のセンサは、目視検査用にトンネル壁面を連続撮影可能とする小型ジンバル上に可視及び赤外の2種類の光学センサを搭載し、打音検査は小型アクチュエータ又は機体にプロペラガード兼高周波振動素子を付けた打音検査機で実現する。
適用分野 ■:対象 □:非対象	トンネル維持管理 (■近接目視 ■打音検査)
図・写真等	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <p>トンネル点検用飛行ロボット</p> <p>打撃球/防音カップ、マーキング用ノズル、カバードット、打検機/センサジンバル、電動マルチロータヘリ(MRH)、ロータガード、結電ケーブル、地上側電源へ</p> </div> <div style="width: 45%;">  <p>トンネル点検</p> <ul style="list-style-type: none"> 有線給電により飛行範囲を制限 通行車線にロボットが落下しないよう落下防止ネット搭載トラックを並走 飛行ロボットの落下防止ネット 打音検査飛行ロボット 通行止め車線、通行車両、通行車間 橋梁点検応用 有線給電により落下を防止 <p>運用イメージ</p> <p>管理台帳、点検履歴台帳、補修履歴台帳</p> <p>点検結果の記録</p> <p>過去データの比較、点検計画の作成</p> <p>インターネット、現場点検員</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>マルチロータヘリ</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>光学センサ (IRカメラ)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>打音検査機</p> </div> </div> <p style="text-align: right;">現状の各装置写真</p>
応募者	日本電気株式会社 代表取締役 遠藤 信博
共同開発者	自律制御システム研究所 代表取締役 野波 健蔵 独立行政法人産業技術総合研究所 主任研究員 岩田 拓也 一般財団法人首都高速道路技術センター 係長 青木 聡
連絡先	日本電気株式会社 電波・誘導事業部 西沢 電話番号：042-333-1148 E-mail：nishizawa@bk.jp.nec.com

技術概要 (No.6)

技術名称	高精度トンネル覆工計測装置
副題	トンネル覆工表面状態および精密形状計測システム
技術概要	トンネル覆工点検では、目視で得られる情報として、ひび割れ、漏水などがあるが、コンクリート片剥落の予兆となる覆工表面の形状の計測は、従来技術では困難であった。本技術は、精細な可視画像が得られる撮像システムと、覆工表面の微細な形状変化が検出可能な形状測定技術を用いることで、トンネル覆工面に発生する損傷、変状、変位を効率的に検出する技術である。
適用分野 ■:対象 □:非対象	トンネル維持管理 (■近接目視 ■打音検査)
図・写真等	<div style="border: 1px dashed black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">覆工表面形状計測撮影状況イメージ</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 30%;"> <p style="text-align: center;">覆工表面形状計測原理</p>  <p style="text-align: center;">3次元形状測定原理図</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p style="text-align: center;">撮影時カメラ配置</p>  <p style="text-align: center;">カメラ6台で覆工の 半分を同時撮影</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p style="text-align: center;">表面形状出力イメージ</p>  <p style="text-align: center;">撮影箇所 の段差の大きい箇所を自動検出し3次元形状を確認できる</p> </div> </div> <p style="margin-top: 10px;">計測面に対して直行して配置されるレーザマーカのゆがみを、カメラで撮影して形状を計測する。</p> </div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: center;">覆工表面画像撮影状況</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">覆工表面画像撮影状況 (ラインカメラ+照明)</p>  </div> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">覆工展開画像 (ひび割れ、漏水など)</p>  </div> </div> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;">総合評価</p> <p style="margin-top: 10px;">段差や、はく離の前兆などの覆工表面形状が計測可能</p> <p style="text-align: center; margin: 5px 0;">+</p> <p>約 0.2mm 以上のひび割れが検出可能 漏水など詳細な覆工表面情報が取得できる</p> </div>
応募者	西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社
共同開発者	なし
連絡先	技術部技術課 林 詳悟 所在地 : 〒760-0072 香川県高松市花園町三丁目1番1号 電話 : 087-834-2419 (ダイヤルイン) F A X : 087-834-1193 E - M a i l : shogo.hayashi@w-e-shikoku.co.jp

技術概要 (No.7)

<p>技術名称</p>	<p>打音によるコンクリート変状の自動識別システム</p>
<p>副題</p>	<p>環境音に対する頑健性を向上させた変状部自動検出技術開発</p>
<p>技術概要</p>	<p>研究開発中の打音とカデータなどの複数の特徴量を組み合わせ可能な変状検出器により、点検現場で取得した打音から変状部の検出に有効な特徴量を素早く抽出し、覆工コンクリートの浮き、はく離などに起因する不具合をリアルタイムに検出する。トンネル内を移動する走行ユニットに、打音発生装置やマイク、カメラなどと共に搭載し、トンネル側壁面に沿って移動しながら点検が可能である。また、複数の特徴量を組み合わせることで環境音などのノイズに対する頑健性を向上させる。打音による判定結果はコンピュータに記録される。</p> <p>これらの技術は、「SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）インフラ維持管理・更新・マネジメント技術／維持管理ロボット・災害対応ロボットの開発」において研究開発中のものである。</p>
<p>適用分野 <input checked="" type="checkbox"/>:対象 <input type="checkbox"/>:非対象</p>	<p>トンネル維持管理 (<input type="checkbox"/>近接目視 <input checked="" type="checkbox"/>打音検査)</p>
<p>図・写真等</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">自動識別システムによる点検作業イメージ 走行ユニットおよび自動識別システム</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  </div> <p style="text-align: center;">打音の解析・特徴量化、それに基づく識別器によるひび割れ検出</p>
<p>応募者</p>	<p>東急建設株式会社 技術研究所</p>
<p>共同開発者</p>	<p>東京大学 大学院工学系研究科 精密工学専攻 山下研究室</p>
<p>連絡先</p>	<p>東急建設株式会社 技術研究所メカトログループ 中村 聡 電話 : 042-763-9533</p>

技術概要 (No.8)

技術名称	打音診断システム
副題	ソレノイドを用いたコンクリートの強度・劣化・はく離、背面空洞検査システム
技術概要	<p>本システムは打撃ユニットとしてソレノイドを利用したハンマーを用いるため、一定の打撃力で叩く事が可能です。検査方法としては、センサ部を壁面に密着させる事で自動的に壁面を叩く仕組みであり、熟練の作業者でなくても検査を行う事が可能です。また、本システムで収集した結果から、潜水艦ソーナー技術で培った音響解析技術により、うき等のコンクリート覆工部の異常によって発生する打音の変化を分析し、うき等の異常を検出することが可能なシステムです。</p> <p>将来的には内部のクラックや空洞の可視化を目的としています。</p>
適用分野 ■:対象 □:非対象	<p>トンネル維持管理 (□近接目視 ■打音検査)</p>
図・写真等	<p>打音診断システムの原理図</p> <p>打音を収集するセンサ部。センサ部をコンクリート壁面に押し当てることにより、検査可能状態となります。センサ部がハンマー打撃の自動スイッチとなっています。</p> <p>手動ハンマースイッチ押下、又は、センサ部をコンクリート壁面に押し当てることにより、自動的にハンマーが壁面を叩きます。</p> <p>ソレノイド式ハンマー原理図</p>
応募者	<p>沖電気工業株式会社 社会システム事業本部 企画室 中村 武文</p>
共同開発者	<p>大日本コンサルタント株式会社 東京支社 防災技術部 トンネル計画室 長谷川 達樹</p>
連絡先	<p>沖電気工業株式会社 社会システム事業本部 企画室 インフラビジネス推進チーム 黒須 正樹 〒108-8551 東京都港区芝浦4丁目10番16号(5号館) TEL 03-3454-2111 FAX 03-5445-6186</p>