



インフラ点検イノベーション ～トンネル点検へのロボット活用促進～

令和1年12月19日

パシフィックコンサルタンツ株式会社 安田 亨

Pacific
Consultants

Producing
The Future™

P R O D U C I N G
T H E F U T U R E

発表内容

1. 概要
2. トンネル点検の課題とロボット技術開発の目的
3. SIP研究開発テーマの概要と目的
4. 走行型高速3D計測システムによるインフラ点検・診断技術
5. 3D可視化、データベースシステム
6. **規制改革による社会実装促進のための課題**
7. 次世代社会インフラ用ロボット試行結果
8. 性能カタログ(案)
9. 社会実装，新技術活用の実態（SIP完了後、性能カタログ後）
10. **既往点検と点検要領に対する位置づけ**
11. **点検要領に対するロボット活用の方向性**
12. i-Construction，BIM/CIMへの応用
13. **本日のまとめ**

PRODUCING
THE FUTURE
PRODUCING
THE FUTURE
PRODUCING
THE FUTURE
PRODUCING
THE FUTURE
PRODUCING
THE FUTURE
PRODUCING
THE FUTURE

1. 概要 走行型高速3D計測システムによるトンネル点検

画像、レーザ、レーダをフル活用し点検・診断を支援

装置の外観

高密度レーザ（100万点/秒）

走行型計測車両
MIMM-R

覆工3次元
形状計測

非接触空洞
レーダ

非接触内部欠陥レーダ

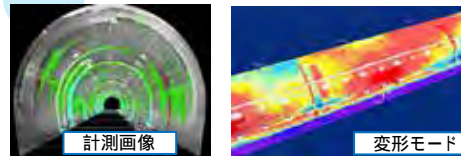
全周20台ビデオ
カメラ

TYPE1: 巻厚と
背面空洞

TYPE2: 内部欠陥、
ジャンカ

ひび割れ、変状
を連続撮影

測定結果の事例



巻厚薄く、空洞あり

うき、ジャンカあり

0.3mm程度以上のひび割れ、0.5～1mm
程度の段差、レーダ：3m離隔から80%

インフラメンテナンス国民会議 登録技術

- 技術分野：点検（調査）技術
- 施設分野：トンネル
- 適用段階：定期点検
- 共同開発者：
パシフィックコンサルタンツ
計測検査，ウォールナット



- 時速50～70km/hで走行しながら計測
レーダは3m離隔、非接触型
- 画像から変状展開図、レーザ点群から変形
モードを算出、非接触レーダ探査から巻厚不
足、背面空洞の有無および内部欠陥を検出
- 従来点検時に併せて、画像、レーザ、レーダ
計測を実施し、変状原因、巻厚不足、背面空
洞を考慮した総合的な健全度診断を実施
- 走行計測は、これまでに1,000km以上実施

2. トンネル点検の課題とロボット技術開発の目的

坑内は狭隘で暗く、厳しい条件下での作業

- 点検者による評価のバラツキ、見落としが懸念

スケッチによる記録

- 客観性に乏しく、変状進行性の判断が困難

打音検査の課題

- 打音には個人差が生じ、時間と労力を要し、非効率

交通規制を伴う作業（道路トンネル）

- 危険作業、渋滞の発生

➡ 交通規制を最小限とした客観的で効率的な点検手法の導入が必要



統合型3D走行計測システム MIMM-R開発目的

道路トンネルにおいて、カメラ、レーザ、レーダを搭載した統合型走行計測システムにより従来点検前に計測し、近接目視、打音検査を支援するとともに、取得した3D可視化情報を総合的に活用し健全性診断を支援する。（MIMM-Rは6年前に開発、カメラ・レーザのみ初号機は11年前に開発）

➡ SIP：内部欠陥レーダ、3D可視化による診断システムを追加
（SIP開発は3年前に完了）

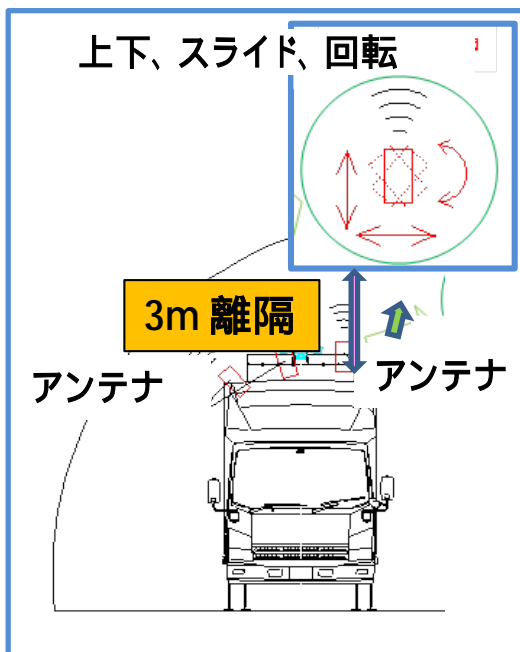
3 . SIP研究開発テーマの概要と目的

研究開発の目的

打音検査の補完技術という位置付けで、覆工コンクリートの内部欠陥を、高速走行型非接触レーダーにより検出する点検技術を研究開発する

内部欠陥を含む多くの変状情報をレーザー計測の3次元位置情報と同期し、高精度な変状図を3次元可視化技術によってデータベース化するとともに、健全性を総合的に評価できる統合型診断システムの開発を行う

内部欠陥探査用レーダ



非接触型アンテナ

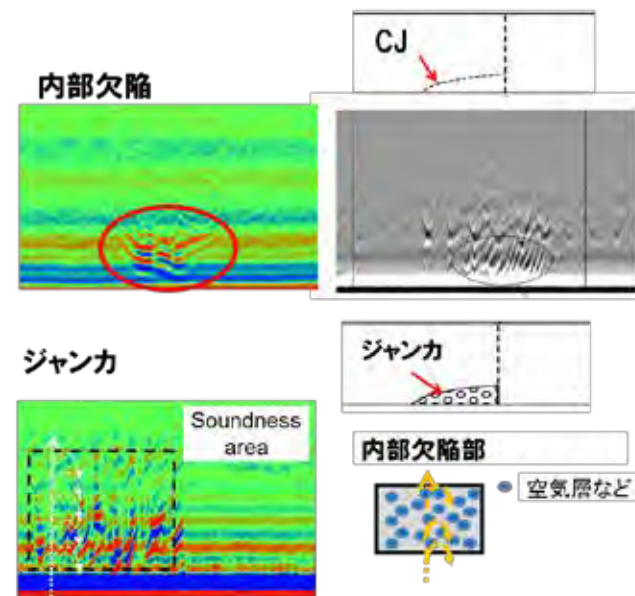
非接触型アンテナ 3基搭載

(3m程度の探査離隔は世界初)

- ・時速50km/h程度での走行計測
- ・問題箇所をスクリーニング
- ・走行型計測車(MIMM-R)に搭載



内部欠陥探査イメージ





世界初! 時速50km以上で空洞・内部欠陥を高速探査

- 特徴 1 交通規制不要!** (高速走行のため交通流への影響なし)
- 特徴 2 1回の走行で、トンネル壁面のひび割れ、変形、うき、背面空洞などを同時計測可能!**
- 特徴 3 ほぼ全てのトンネルに適用可!** (レーダーの離隔距離が3m程度により、全トンネル対応可能)

概要・スペック

高密度レーザー (100万点/秒)

竣工3次元形状計測
非接触空洞探査
レーダー

巻厚と背面空洞

SIP開発
非接触内部欠陥探査レーダー



内部欠陥、ジャンカ

標準MMS: レーザー



3次元地形測量

全周20台ビデオ
カメラ



ひび割れ・変状撮影

<p>画像計測</p> <p>画像、損傷図の重ね3D表示</p>	<p>レーザー計測</p> <p>変形モードの3D表示</p>	<p>レーダー計測</p> <p>巻厚・空洞レーダー 内部欠陥レーダー</p> <p>巻厚厚く、空洞あり うき、ジャンカあり</p> <p>巻厚・空洞レーダー 内部欠陥レーダー 非接触レーダー: 2タイプ</p>
----------------------------------	---------------------------------	---

活用実績 (内部欠陥探査)

- 岐阜県内のトンネルでの計測実績 (岐阜大 SIP※1) 接触型レーダとの比較検証を行い、同等の良好な結果が得られた。画像、レーザー、レーダーを総合的に活用した統合型診断システムで、健全性診断を効果的に支援できた。
※1 事例08 参照
- 名古屋大学ニューブリッジ※2で、模擬内部空洞を適切に検出できた。
- 走行型計測は、1,000km以上の実績を有している。

※2 撤去された橋梁の部材を再構築した実橋モデル

ユーザーの声



従来点検の前に空洞などの情報を得られることは効果的。



↑動画はこちら

問合せ先

ハシフィックコンサルタンツ株式会社 インフラマネジメント部トンネル保全室 (担当: 山本 秀樹)

TEL: 03-6777-4763 E-mail: tn-mimm@ss.pacific.co.jp HP: <https://www.pacific.co.jp/service/infrastructure/tunnel/close-up/mimm-r/>

4. 走行型高速3D計測システムによるインフラ点検・診断技術 - 画像, レーザ, レーダをフル活用し点検・診断を支援 -

走行型計測車両 MIMM-R

高密度レーザ (100万点/秒)



覆工の3次元形状計測

非接触空洞探査レーダ



TYPE1: 巻厚と背面空洞

非接触内部欠陥探査レーダ



TYPE2: 内部欠陥、ジャンカ

標準MMS: レーザ



道路周辺の3次元地形測量

全周20台ビデオカメラ



ひび割れ、変状を連続撮影

時速50~70km/hで走行しながら計測



画像(カメラ)



レーザ



レーダ

アンテナと壁面離隔: 3m

カメラ、レーザ、レーダおよび、近接目視、打音検査を総合的に融合させ、適切な判定を実施し、トンネル点検・診断全般の効率化、省力化などの支援を目指す。

走行型高速3D計測システムによるインフラ点検・診断技術

- 画像, レーザ, レーダによる計測 技術的特長 -

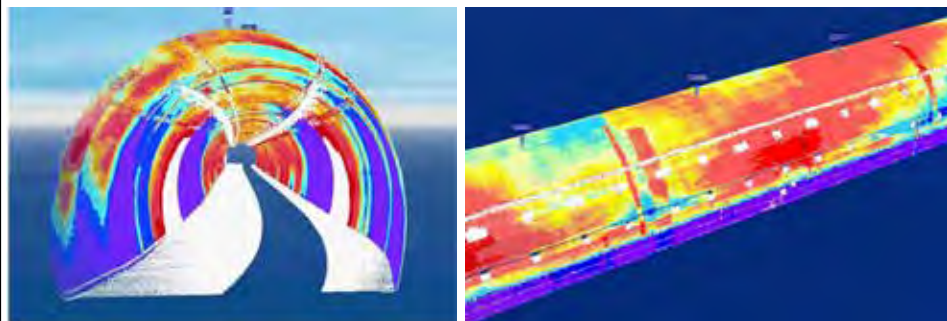
地形測量対応MMS (3Dマッピング)

- 高精度地形測量、地物認識
- 道路管理の電子化、CIM導入への対応



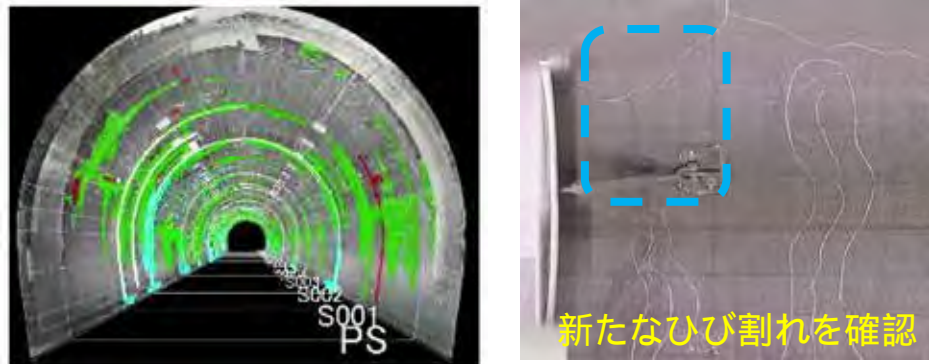
MMS: 3次元形状計測: 高精度レーザ(100万点/秒)

- トンネル形状、変形モード解析、段差検出
- ひび割れ変状原因、進行性が推定可能



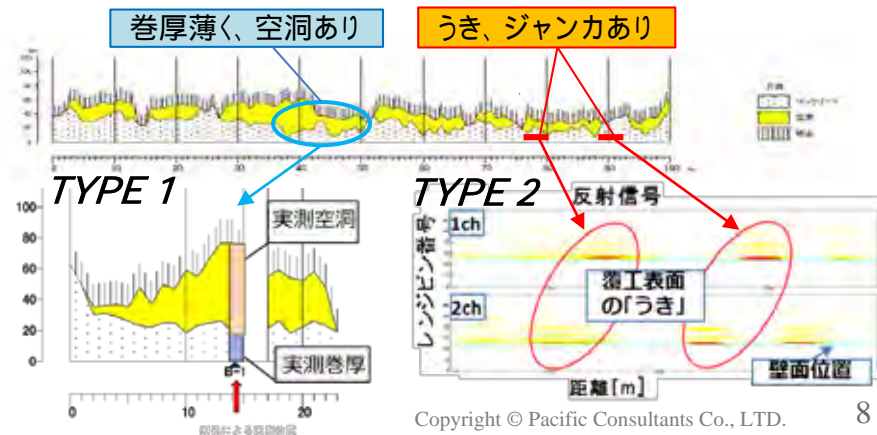
MIS: 3次元画像計測、損傷度評価

- 0.3mm程度のひび割れ検出精度(70km/h)
- 近接目視点検の支援、効率化、正確な位置



MRS: 非接触型レーダ: 2タイプ (50~70km/h)

- 巻厚・空洞探査 & 内部欠陥(うき、ジャンカ)
- 高速非接触レーダ(離隔3m)は世界初の技術



走行計測状況

SIPレーダ + 空洞レーダ計測同時計測状況 走行時の映像



5. 3D可視化、データベースシステム

変形・空洞などの物理情報をあわせた健全度診断、判定精度向上

画像・レーザ・レーダを組合せた健全度診断は日本で初めての試み

デジタルツイン

フィジカル空間

サイバー空間

フィジカル空間

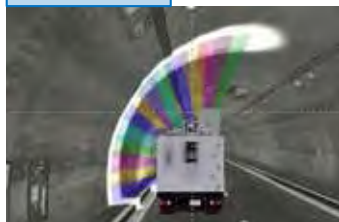
走行型計測

点検支援 AI

3D / 4D表示

診断支援 AI

画像計測



レーザ計測



レーダー計測



巻厚・空洞レーダー
内部欠陥レーダー

画像合成
+
損傷図

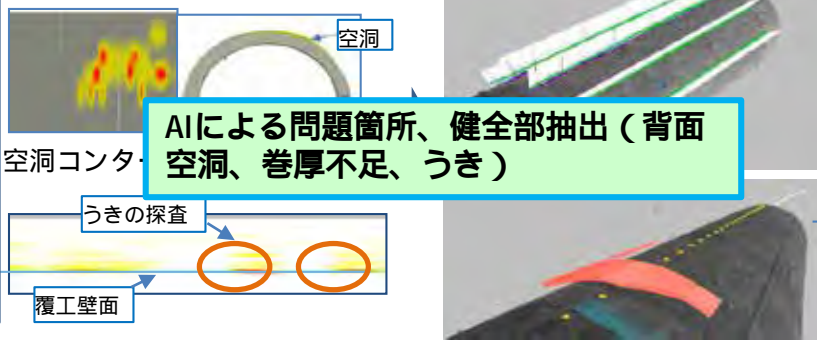
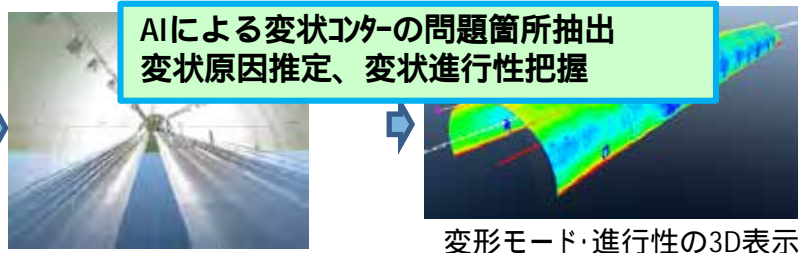
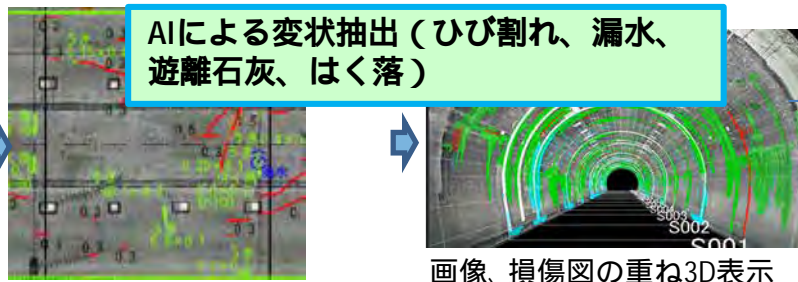
点群座標
による
位置同期

レーザ
点群

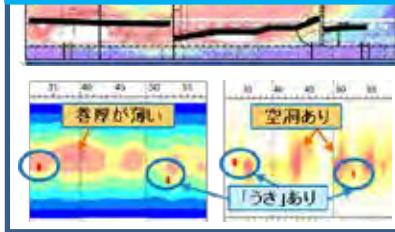
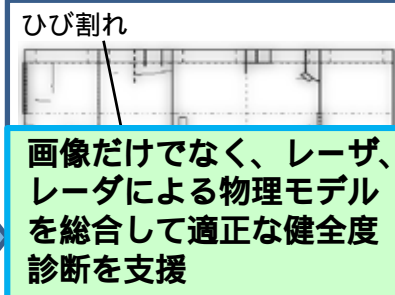
点群座標
による
位置同期

巻厚空洞
コンター
断面図

内部欠陥



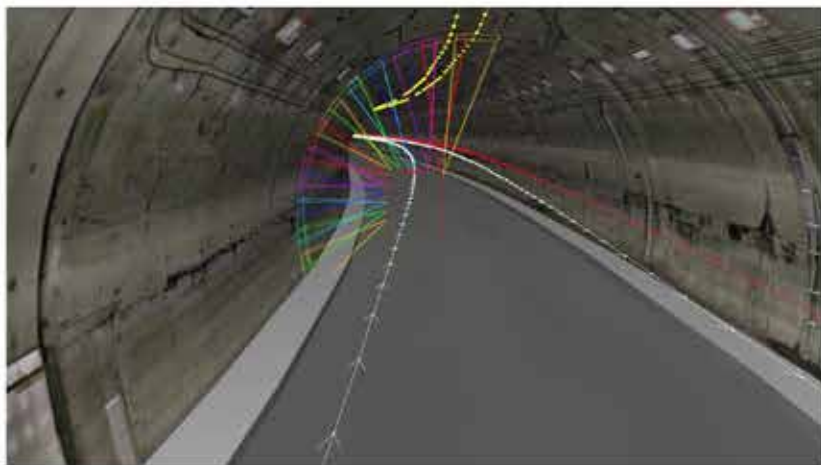
空洞、内部欠陥の3D表示



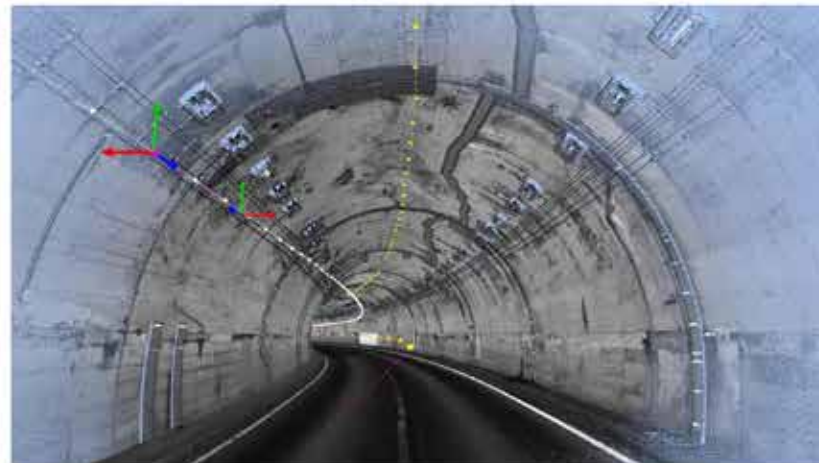
健全度診断

スパン番号	S1	S2
ひび割れ		
変状、スパン、トンネルごとに 対策区分を算定、管理者 にアセットマネジメント（優先度、 予算配分）最適化支援		
対策区分		

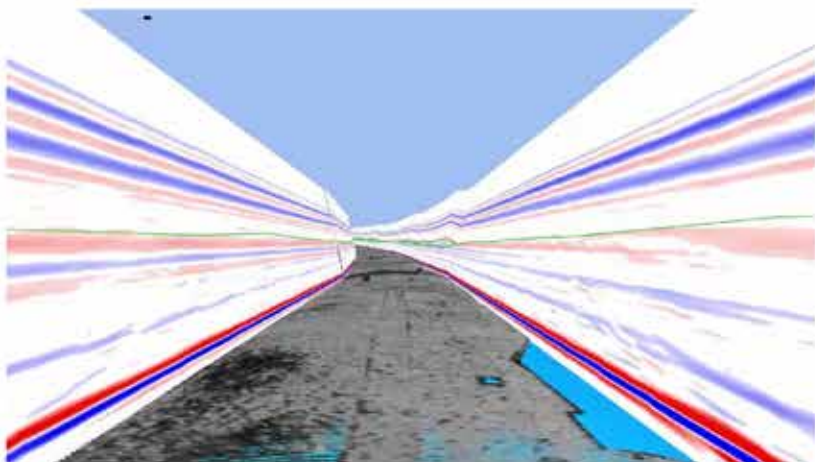
画像解析・3次元可視化



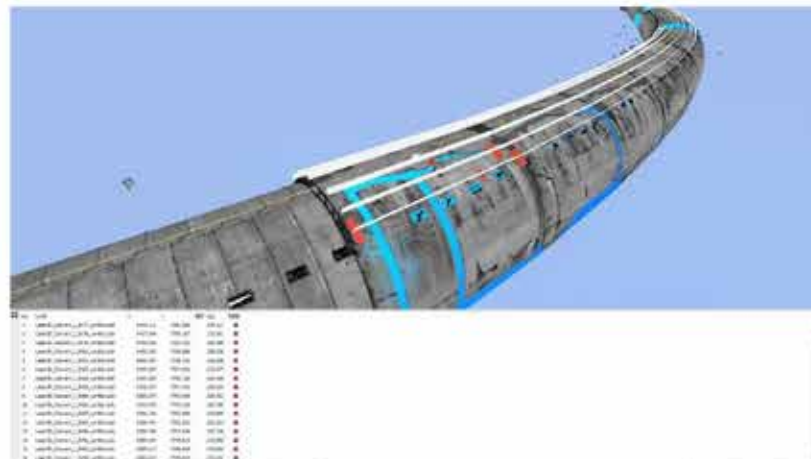
カメラ画像表示



レーザ点群表示



レーダによる巻厚，空洞探査



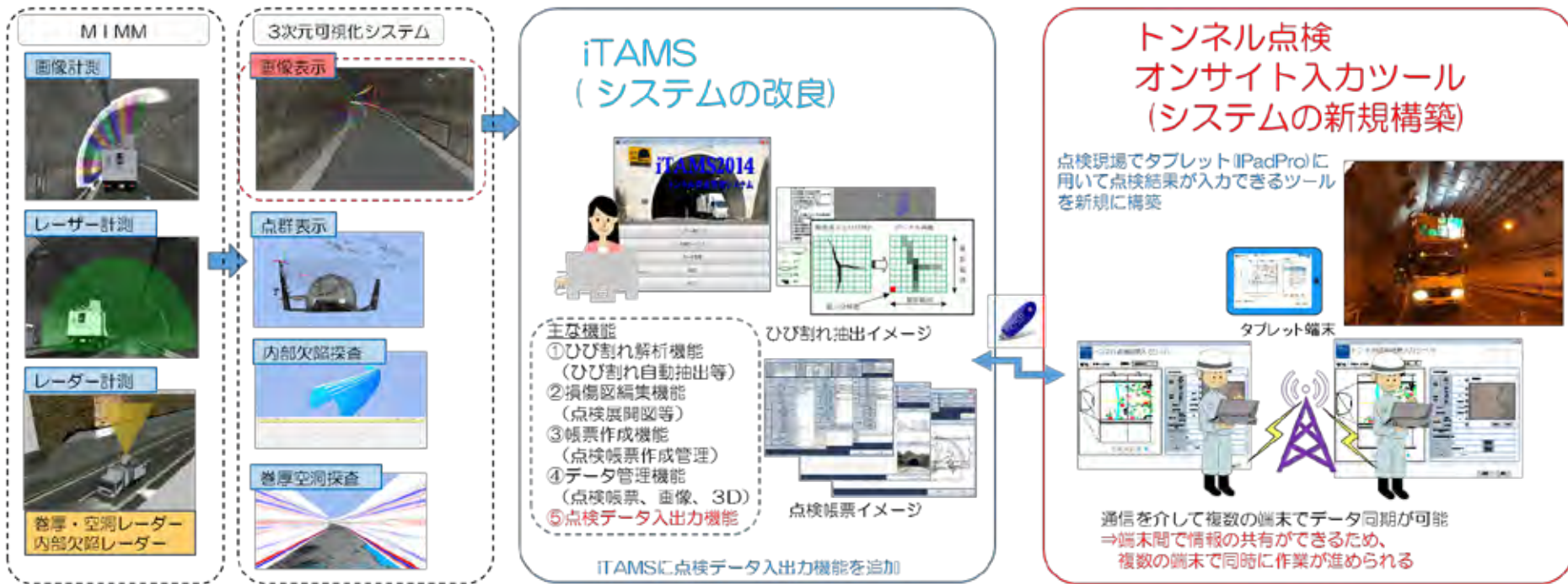
レーダによる内部欠陥（うき，ジャンカ）探査

3次元モデル

レーザによる3D Modeling にカメラ画像を合成した3Dモデル



トンネル点検入カツール オンサイトシステム



点検入カツールの主な機能(上記以外)

変状写真入力機能



ひび割れなどの変状、異常のスケッチを1つ1つ選択して、写真を紐付ける。写真はタブレット上からも直接撮影可能とする。
⇒現場で損傷情報と写真が紐付けられるため、業務の効率化が図れる

変状結果集計機能



ひび割れなどの変状、異常のスケッチをトンネル全体もしくはスパン毎に集計することができる。
⇒損傷写真の撮影漏れ、損傷状況の記入漏れなどのチェックが図れ、点検データの精度向上が図れる。

6. 規制改革による社会実装促進のための課題

開発技術の社会実装促進のための課題は、『性能評価』と『点検要領への対応』

対応状況と課題

- 性能評価
- 次世代社会インフラ用ロボット(国交省)による認証
H27年度 「 . 試行的導入に向けた検証を推奨する」
H29年度 点検記録作成(スケッチ記録)支援評価 **事後スケッチは効果が薄い**
H30年度 テーマ設定型 事前計測の変状抽出、効率性など評価(公開予定)
 - 性能カタログ登録
新技術活用ガイドライン運用開始、活用促進策であり認証ではない
目的: **市場評価を受ける機会を増大**させるため、開発者と国が共同し、現場で参考にできる**技術資料を早期に充実**させる。

性能カタログの早期充実、カタログ値の品質保持(検証フィールド)、活用促進支援に期待

- 点検要領への対応
- H26.6道路トンネル定期点検要領:近接目視が基本と規定 **ハードル高い**
新技術の併用を妨げないと記載はあったが、実質は活用が進まなかった
 - **H31.2要領改訂で、新技術活用促進策が盛り込まれた**

近接目視と同等の診断ができると点検を行う者が判断した場合、新技術も近接目視を基本とする範囲と考えてよい **点検者の判断(判断の考え方を示す必要有り)**
代替か支援か。完全代替技術は困難。レベルに応じた活用で良いのではないか。
全国版要領活用の推進。地域実装支援策(SIP支援制度の継続)

点検目的は健全性の適正把握であり、近接目視と同等ではなくても、**レベルに応じた支援、人力との併用、ロボット特有の付加価値(早期把握、客観性など)**で評価するべきではないか。

7.次世代社会インフラ用ロボット試行結果

本技術開発のベースとなっているMIMM-R計測車両のH27年度評価結果

「**試行的導入に向けた検証を推奨する**」

検証結果のまとめ

○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
<u>I. 試行的導入に向けた検証を推奨する</u>	
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ザーで、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	<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

変状検出	ひび割れ、漏水など概ね正確に抽出
ひび割れ幅	0.3mm以上のひび割れを概ね正確に抽出できる
閉合ひび割れ	はく落が懸念される閉合ひび割れ検知可。
レーザー活用	外力性か乾燥収縮かの変状原因推定可能。
レーザ活用+	非接触（離隔3m）で巻厚・空洞探査可。

†自主的検証

8. 性能カタログ(案)

トンネル(覆工画像計測技術)の登録 4技術 2019.2時点

技術の仕様確認結果【トンネル(覆工画像計測技術)】

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)	走行型高精度画像計測システムトンネルレーザー	遠隔地監視画像取得システム(MIMM-R)	トンネル覆工コンクリート状態診断システム
開発者	パシフィックコンサルタンツ株式会社	パシフィック株式会社	高橋本建設システムエンジニアリング有限会社	三井建設株式会社(旧:株式会社三井物産)
共同開発者	計測検査株式会社 システムリサーチ株式会社 株式会社ウォールナット			
NETIS番号				株式会社パシビル

技術名	走行型高速3Dトンネル点検システム MIMM-R(ミーム・アール)
開発者	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 システムリサーチ株式会社 株式会社ウォールナット
NETIS番号	KK-130026-V
技術概要	トンネル覆工壁面の連続画像撮影システム、高精度3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もので、走行型であるため計測時の交通規制が不要となる。この統合型計測システムにより従来点検前に計測し、近接目視、打音検査の併用技術として支援するとともに、取得した3D可視化情報を総合的に活用し健全性診断を支援することにより、トンネル点検全般の高度化、効率化、省力化、安全性向上、コスト縮減を図れる。
概要図	
計測対象部位	トンネル本体工覆工 (アーチ、側壁)

技術の分類	建設技術	建設技術	建設技術	建設技術	建設技術
技術の適用	トンネル(覆工画像計測技術)	トンネル(覆工画像計測技術)	トンネル(覆工画像計測技術)	トンネル(覆工画像計測技術)	トンネル(覆工画像計測技術)

9. 社会実装, 新技術活用の実態 (SIP完了後、性能カタログ後)

	出口戦略, ビジネスモデル	対象	現在の動向
	開発レーダー、診断システムの点検業務への活用	自社受注業務 他社・他事業者への貸与	<ul style="list-style-type: none"> ・H28年度SIP終了後、レーダも活用した点検業務は、2年間で64トンネル、延長56kmを受注。 ・性能カタログ活用後、受注業務が増加。業務委託時に新技術活用付き特記仕様も増加。 ・点検支援技術のフィールド活用業務が相当数増加。(橋梁、トンネルとも 20件程度/年:国交省)(当該トンネル計測技術以外も採用) ・他の点検業者(同業者)からの点検車両借用依頼が増えた。
	近接目視、打音検査の支援技術として活用。点検要領改訂による国内普及、標準化。	国交省 他	<ul style="list-style-type: none"> ・H31要領改訂へ新技術活用条件が明記され、活用促進が進みつつある。
	技術指導、現場へのコンサルテーション。統合型診断システムの普及	自治体	<ul style="list-style-type: none"> ・岐阜大での社会実装プログラムをはじめ、他の関連するSIPプログラムとの連携を進めた。 ・インフラメンテナンス国民会議などで、自治体に対して新技術を活用するように国交省より指導いただいている。
	レーダーによる技術支援などの海外展開。	東南アジアなど	<ul style="list-style-type: none"> ・サービス支援業務や技術提携などの具体的な依頼があり、協議や法的整備を進めている。

10. 既往点検と点検要領に対する位置づけ

近接目視と打音検査に対する新技術導入の考え方 H26.6版

道路トンネル定期点検要領
国交省 道路局 国道・防災課

道路トンネル定期点検要領
国交省 道路局 (技術的助言：全国版)

6. 定期点検の方法

定期点検は、近接目視により行うことを基本とする。
また、必要に応じて触診や打音等の非破壊検査等を併用して行う。

【解説】

①一般

1)トンネル本体工

定期点検は、基本としてトンネル本体工の変状を近接目視により観察する。また、覆工表面のうき・はく離等が懸念される箇所に対し、うき・はく離の有無及び範囲等を把握する打音検査を行うとともに、利用者被害の可能性のあるコンクリートのうき・はく離部を撤去するなどの応急措置を講じる。

点検のうち、初回の点検においては、トンネルの全延長に対して近接目視により状況を観察すること、覆工表面を全面的に打音検査することを基本とする。また、二回目以降の点検においては、トンネル全延長に対して近接目視を行うとともに、必要に応じて打音検査を併用することを基本とする。なお、近接目視とは、肉眼により部材の変状等の状態を把握し評価が行える距離まで接近して目視を行うことを想定している。

今後、調査技術者が近接目視によって行う評価と同等の評価が行えると判断できる新技術が開発された場合は、新技術の併用を妨げるものではない。

また、近接目視による変状の把握には限界がある場合もあるため、必要に応じて触診や打音検査を含む非破壊検査技術等を適用する。

点検の結果、変状の状況をより詳細に把握し、推定される変状原因を確認することが必要となる場合には、変状の状況に見合った調査を実施する。

なお、点検により変状原因が既に明らかになっている場合等においては、調査を省略することができる。

3. 定期点検の方法

定期点検は、近接目視により行うことを基本とする。
また、必要に応じて触診や打音等の非破壊検査等を併用して行う。

【補足】

1)トンネル本体工

定期点検は、基本としてトンネル本体工の変状を近接目視により観察する。また、覆工表面のうき・はく離等が懸念される箇所に対し、うき・はく離の有無及び範囲等を把握する打音検査を行うとともに、利用者被害の可能性のあるコンクリートのうき・はく離部を撤去するなどの応急措置を講じる。

点検のうち、初回の点検においては、トンネルの全延長に対して近接目視により状況を観察すること、覆工表面を全面的に打音検査することを標準とする。また、二回目以降の点検においては、トンネル全延長に対して近接目視を行うとともに、必要に応じて打音検査を併用することを基本とする。なお、近接目視とは、肉眼により部材の変状等の状態を把握し評価が行える距離まで接近して目視を行うことを想定している。

今後、調査技術者が近接目視によって行う評価と同等の評価が行えると判断できる新技術が開発された場合は、新技術の併用を妨げるものではない。

また、近接目視による変状の把握には限界がある場合もあるため、必要に応じて触診や打音検査を含む非破壊検査技術等を適用する。

点検の結果、変状の状況をより詳細に把握し、推定される変状原因を確認する場合には、変状の状況に見合った調査を実施する。

なお、点検により変状原因が既に明らかになっている場合等においては、調査を省略することができる。

10. 既往点検と点検要領に対する位置づけ

近接目視と打音検査に対する新技術導入の考え方 H31.3改訂版

道路トンネル定期点検要領
国土省 道路局 国道・技術課

道路トンネル定期点検要領
国土省 道路局 (技術的助言：全国版)

6. 状態の把握

- (1) 道路トンネル毎に対策区分の判定や健全性の診断にあたって必要な情報が得られるよう、状態の把握を実施しなければならない。
- (2) 状態の把握は、近接目視により行うことを基本とする。また、必要に応じて触診や打音検査等の非破壊検査等を併用して行う。
- (3) 近接が可能な点検箇所の一部の状態の把握を(2)に示す方法によらない場合には、対策区分の判定及び健全性の診断を所要の品質で行うことができるように方法を決定する。

- (3) 道路トンネルの状態把握の方法は法令のとおり(2)によることが基本であるが、その目的は対策区分の判定や健全性の診断が適切に行われ、定期点検の目標が所要の品質で達成されることである。そこで、道路トンネル定期点検要領(平成31年2月国土交通省道路局)で補足されているとおり、知識と技能を有するものが定期点検を行うにあたって、自らの近接目視によるときと同等の診断ができると判断した場合には、その他の方法についても近接目視を基本とする範囲と考えてよいと解され、これを受け、本要領でも、所要の品質として自らの近接目視によるときと同等の対策区分の判定ができるのであれば、点検箇所の一部について、その他の方法で状態を把握し、対策区分の判定を行うことができることを明確にした。

4. 状態の把握

健全性の診断の根拠となる状態の把握は、近接目視により行うことを基本とする。

【法令運用上の留意事項】

定期点検を行う者は、健全性の診断の根拠となる道路トンネルの現在の状態を、近接目視により把握するか、または、自らの近接目視によるときと同等の健全性の診断を行うことができる情報が得られると判断した方法により把握しなければならない。

道路トンネル毎の健全性の診断を適切に行うために、法令では、定期点検を行う者が、道路トンネルの外観性状を十分に把握できる距離まで近接し、目視することが基本とされている。これに限らず、道路トンネル毎の健全性の診断を適切に行うために、または、定期点検の目的に照らして必要があれば、打音検査や触診等の手段を併用することが求められる。

一方で、健全性の診断のために必要とされる近接の程度や打音検査や触診などのその他の方法を併用する必要性については、構造や工法の特徴、想定される変状の要因や現象、環境条件、周辺条件などによっても異なる。したがって、一概にこれを定めることはできず、定期点検を行う者が道路トンネル毎に判断することとなる。

- (5) 点検箇所の一部等で近接目視によらないときの扱い
 - 自らが近接目視によるときと同等の健全性の診断を行うことができる定期点検を行う者が判断した場合には、その他方法についても、近接目視を基本とする範囲と考えてよい。
 - その他の方法を用いるときは、定期点検を行う者が、(1)の定期点検の目的を満足するように、かつ、その方法を用いる目的や必要な精度等を踏まえて適切に選ぶものである。必要に応じて遡って検証ができるように、近接目視によらないとき、その部位の選定の考え方や状態把握の方法の妥当性に関する所見を記録に残すようにするとよい。
 - なお、健全性の診断を行うにあたって必要があれば、さらに詳細に状態を把握する。

点検要領改訂のポイント

近接目視と打音検査に対する新技術導入の考え方

H26点検要領のポイント

- ・近接目視で行うことを基本とする
- ・初回点検は, 全面目視, 全面打音
- ・2回目以降は, 全面目視, 必要に応じ打音
- ・近接目視とは, 肉眼, 接近
- ・近接目視と同等の評価が行える新技術の併用を妨げない
- ・必要に応じ, 非破壊検査を適用



H31点検要領のポイント

- ・近接目視で行うことを基本とする
- ・初回点検は, 全面目視, 全面打音
- ・2回目以降の打音箇所を明確化
- ・近接目視とは, 肉眼, 接近を想定
- ・**所要の品質として, 近接目視と同等の診断ができると点検を行う者が判断した場合は, その他の方法も近接目視を基本とする範囲と考えてよい**
- ・必要に応じ, 非破壊検査を併用する



新技術利用の
ガイドライン
新技術の性能カタログ

新技術利用のガイドライン(案)

平成31年2月

ガイドラインは、定期点検業務の中で受発注者が使用する技術を確認するプロセス等を例示。性能カタログは、国が定めた技術の性能値を開発者に求め、カタログ形式でとりまとめたもので、受発注者が新技術活用を検討する場合に参考とすることができる。

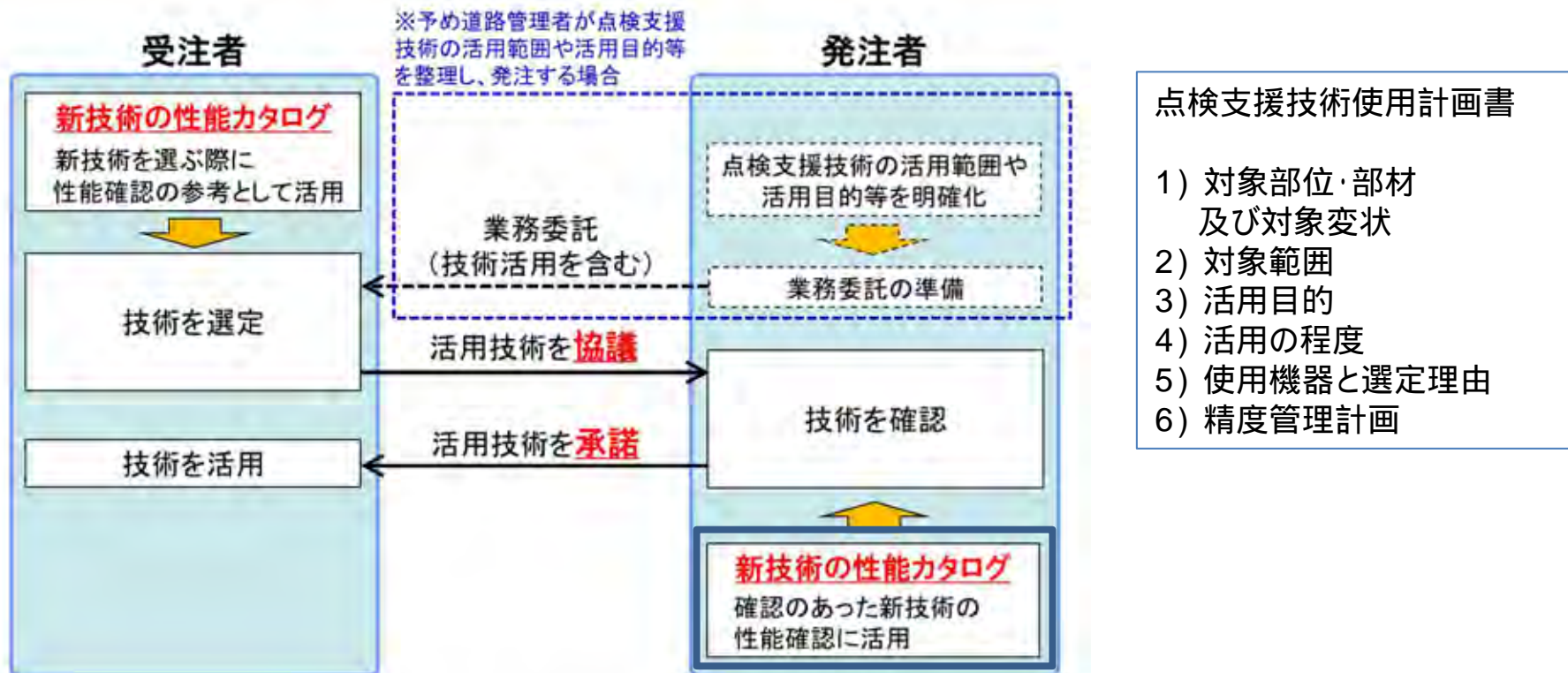


図-1 点検支援新技術活用の流れ

11. 点検要領に対するロボット活用の方向性

H31点検要領のポイント

- ・所要の品質として、近接目視と同等の診断ができると点検を行う者が判断した場合は、その他の方法も近接目視を基本とする範囲と考えてよい

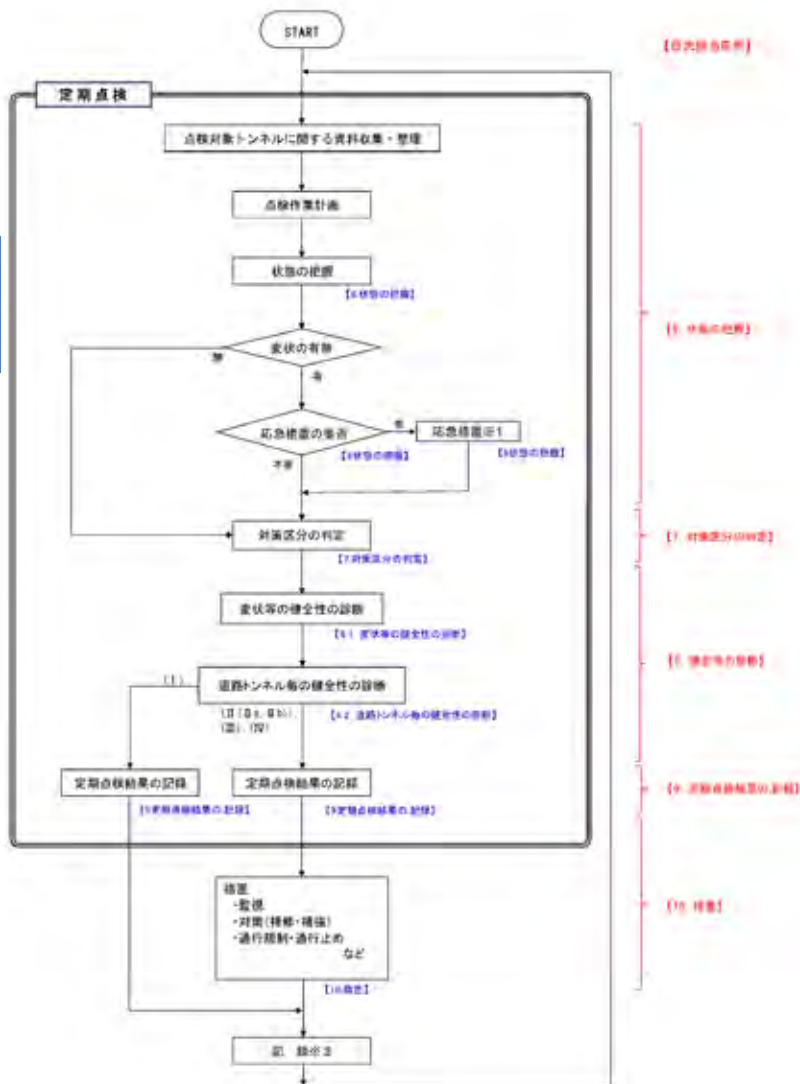


目指すべき方向性

- 1 人力による近接目視、打音検査を完全に省略するべきではない
最終診断は人力、ロボット適用困難箇所あり、ロボットは健全部スクリーニングで人力点検の効率アップ、打音による応急措置が必要
- 2 ロボットによる点検は、人力による点検の支援、補完の位置づけ
完全代替でなくても良いが、所要の品質を確保することが重要
- 3 ロボットの得意とする領域で支援
客観的で正確な記録、高精度な位置情報、進行性評価
人力による点検の限界をカバー、覆工へのチョーク記入最小化
ヒューマンエラー防止(記録漏れ、見落とし)、打音深度カバーなど
- 4 非破壊検査、調査を有効に活用(変状原因推定、適切な健全度診断実施)
近接目視に併せて、空洞探査、うき探査、断面変形など調査

既往点検と点検要領に対する位置づけ

基本的なフローに対する走行型計測による支援内容



状態把握
・
(応急措置)

健全性の
診断

措置

記録

	人による 診断	走行型計測 による支援
点検・調査		
近接目視	実施	支援(高度化)
打音検査要否	実施	支援
打音検査	実施	支援(高度化)
変状展開図作成	補完	実施
打音検査判定	実施	支援
応急措置要否	実施	支援
応急対策要否	実施	支援
調査要否	実施	支援
対策区分判定	実施	支援(統合支援)
健全性診断	実施	支援(統合支援)
措置		
本対策実施	実施	
監視	実施	支援(高度化)
記録 (DB化)	補完	実施

 確実に人が実施 活用効果

打音検査に対する位置づけ

打音検査の目的, 効果

走行型計測による対応・効果

うき, はく離の検出		レーダにより可能
ひび割れの深度方向確認		段差による推定
ハンマー衝撃力に対する安定性確認	×	困難
たたき落としによる応急措置の即時実行	×	困難
ボルト緩み確認など設備点検への活用		ナット緩み可能

打音検査は
必要

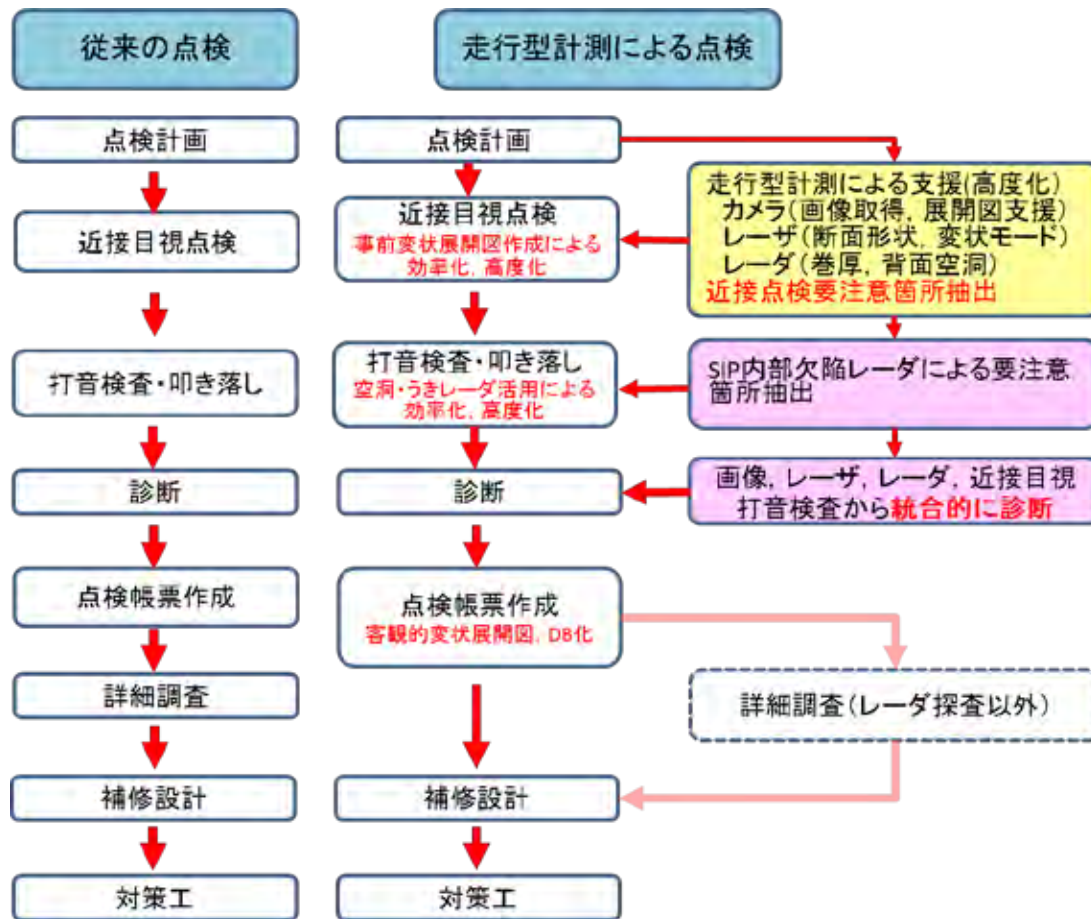
打音検査の課題

- u 覆工内部の詳細な状況を確認することは難しい。
- u 点検には個人差が生じる。時間と労力を要し, 非効率である。

走行型計測手法の位置づけ

- u 人力による近接目視, 打音検査は必要
- u 近接目視の支援 → 客観的, 高精度, 効率化, 見落とし防止
- u 近接目視・打音検査の支援技術として位置付け = 高度化技術

社会実装, ロボット技術活用の方角性



走行型計測
目視点検の支援
正確な位置情報
高速、効率的

内部欠陥レーダ
打音検査の支援

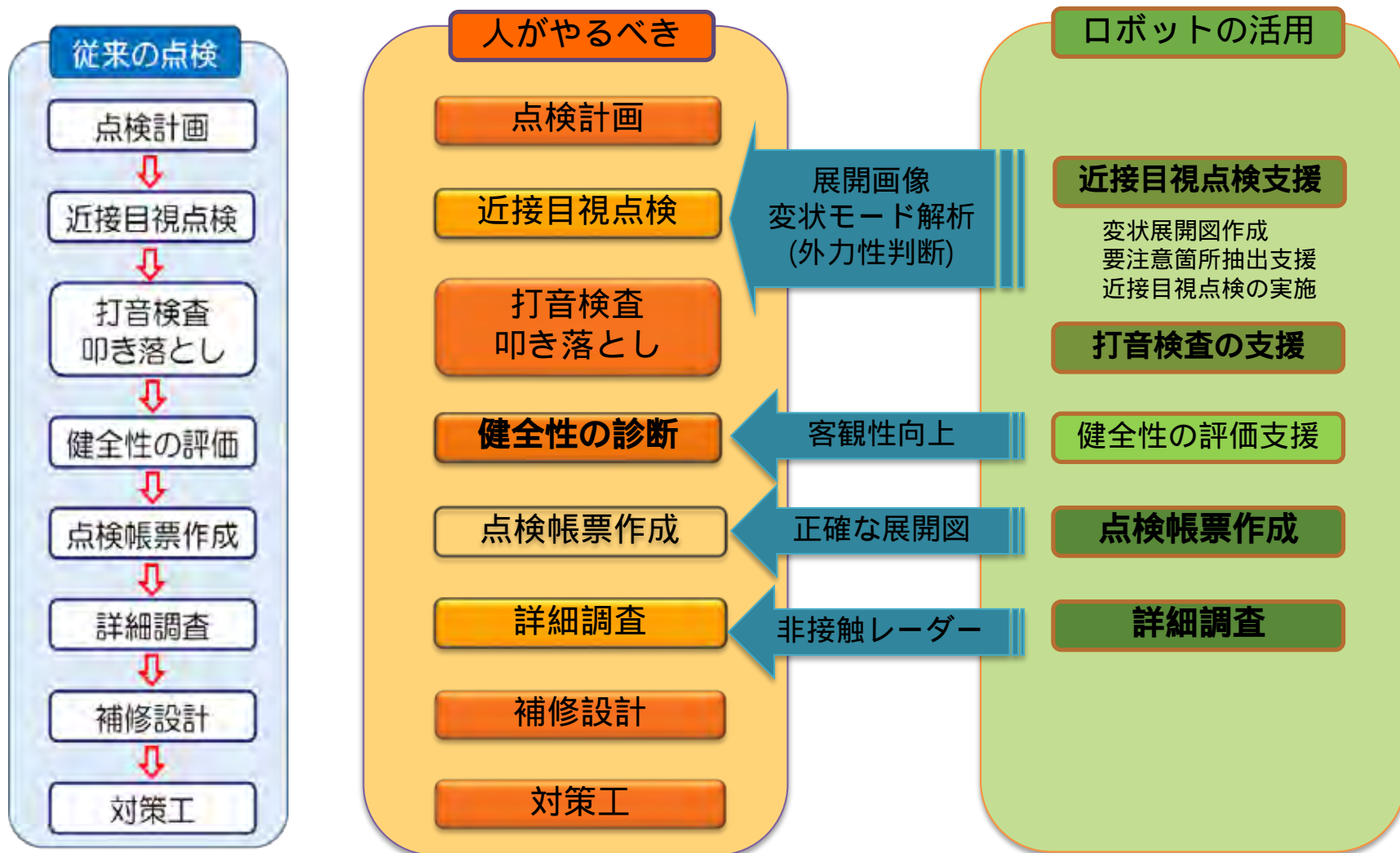
人力による近接目視、打音検査は重要
ロボットによる完全代替はできない

ロボットによる支援
・ロボットの優れた点を活用、支援することにより人力点検を有効に実施
・人力とロボットの併用で効率的な点検を実現
・コストダウン
・技術者不足をカバー

・カメラ、レーザ、レーダおよび、近接目視、打音検査を総合的に融合させ、適切な判定を実施し、トンネル点検・診断全般の効率化などの支援を目指す。

本システム運用のシナリオ

【ロボット化支援技術としての位置づけ】



ロボット技術(走行型計測システム)導入による効果

期待する効果

人力点検前に計測することにより近接目視点検での健全箇所および要注意箇所のスクリーニング, 事前変状展開図作成, チョーク記入最小化による近接目視作業の効率化・高度化の実現

内部欠陥レーダによる健全箇所および要注意箇所のスクリーニング, レーダ活用による効率化, 高度化

空洞レーダによる覆工巻厚が薄く、背面空洞のある要注意箇所の把握、近接目視点検時に変状判定の目安となる根拠を算定

カメラ, レーザ, レーダを近接目視, 打音検査に併用支援することによる総合的診断の合理化, 高度化

点検帳票作成支援による客観的, 正確な展開図作成, DB作成の効率化, 省力化, 低コスト化

走行型による計測時間の非交通規制化, 事前計測の有効活用による近接目視時の交通規制時間短縮

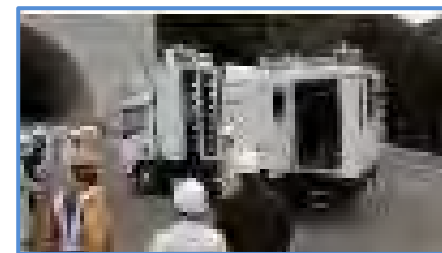
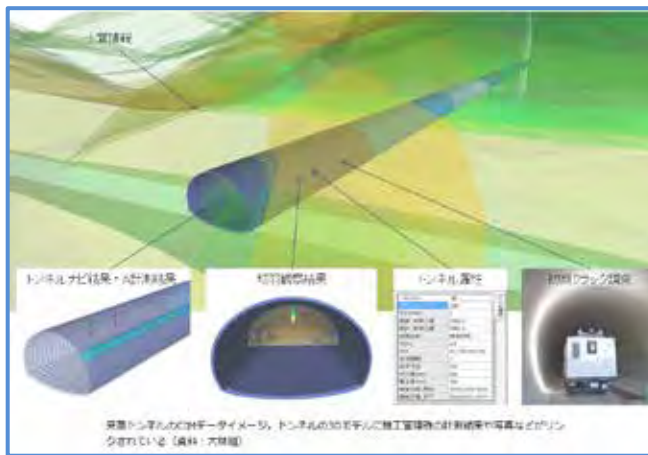
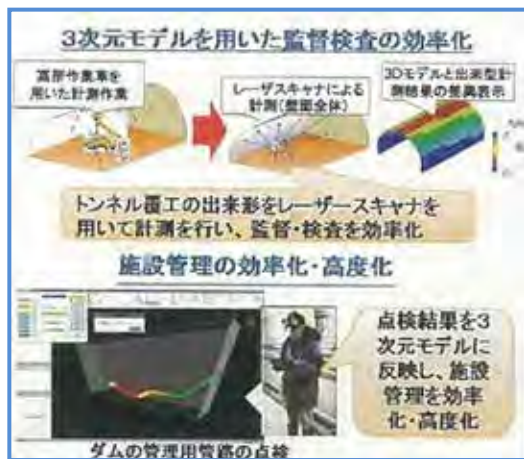
12. i-Construction, BIM/CIMへの応用

ni-Constructionへの応用

- トンネル工事や維持管理に ICT技術の活用を拡大
 - 調査・設計・施工・維持管理の各プロセスで3次元モデルを導入
 - u 出来型計測, 点検記録, 損傷図
 - u 断面初期値, 進行性診断
 - u 既往断面復元, 覆工厚・空洞再現
- 3Dデータの利活用促進
 - u レーザ点群, 画像, 損傷図など3D化:VR

niCIMへの応用

- トンネル計測 (レーザ, 画像) による3Dモデリング
 - u 施設管理図, 点検, 損傷, 対策履歴管理
 - u 調査・設計・施工記録DB
 - u CIM情報化施工 (切羽, 地山, 支保, 変状)
- 地上・地下構造物, 地下埋, 杭などを含む3Dモデリング
 - u MMSによる地上・地下を統合した3Dマッピング



MIMM-Rによる竣工時計測

13. 本日のまとめ

インフラ点検イノベーションを進めるためには、

性能評価

◇性能カタログの早期充実

- ・新技術活用付き特記仕様での委託、点検支援技術のフィールド活用業務を増加させ、新技術が市場評価を適正に受ける機会を増大させる。(国だけでなく、自治体でも促進を指導・支援)

◇カタログ値の品質保持

- ・性能カタログでは、管理者や点検者が性能を正しく評価できるように、カタログ値の品質を保持する必要がある。フィールド検証には一定のルールが必要であるが、同一条件で性能評価できるフィールドは少ない。テストフィールド(例えば福島テストフィールドなど)を、コスト支援も含め充実させる必要がある。

点検要領への対応

◇近接目視と同等の診断について

- ・近接目視と同等の診断ができると点検を行う者が判断した場合に新技術の活用ができ、点検者の判断に委ねられている。性能カタログの品質が整備される過程で、判断の考え方を示す必要がある。
- ・近接目視と同等の性能となると、完全代替技術となるが、その実現は困難である。本来ロボット、新技術は、支援、補完、部分代替で良いと考えられ、人力との併用を前提に、レベルに応じた品質を確保しつつ活用が促進するように整備する。

◇人力による近接目視、打音検査を完全に省略するべきではない

- ・最終診断は人力が望ましく、ロボットは事前展開図作成、健全部スクリーニング、チョーク記入最小化などにより人力点検の効率をアップさせるなど、人力による点検の支援、補完の位置づけが良い。
- ・打音による応急措置が必要であり、打音検査を省略することはできない
- ・ロボットの得意とする領域で支援することが望ましく、客観的で正確な記録、高精度な位置情報、進行性評価など、ヒューマンエラーを防止し人力による点検の限界をカバーする使い方が望ましい。

Thank you so much for
allowing us to make a presentation.

 Pacific Consultants

PRODUCING
THE FUTURE
PRODUCING
THE FUTURE
PRODUCING
THE FUTURE
PRODUCING
THE FUTURE
PRODUCING
THE FUTURE