

インフラ点検のデジタル管理に向けた レーザー打音計測技術

（株）フォトンラボ レーザー打音事業部
CTO 錦野 将元

トンネル検査の高速・高度化に向けた計画

PHASE 1

目視・
実地監査規制

法令（道路トンネル定期点検要領）により「近接目視」と規定

①近接目視・触診



②打音検査



③叩き落とし



PHASE 2

情報収集の
遠隔化、
人による評価

レーザー技術の応用により、
検査・メンテナンスの遠隔・
自動化を推進する



SIP第1期

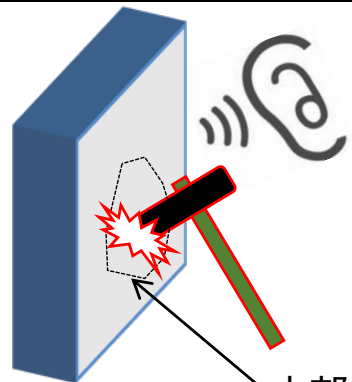
インフラ維持管理・更新・マネジメント技術（藤野PD）

表面の微振動をレーザーで計測

打音法の違い

ハンマーによる打音

ハンマーで叩いて音（振動周波数）の違いを聞き分ける



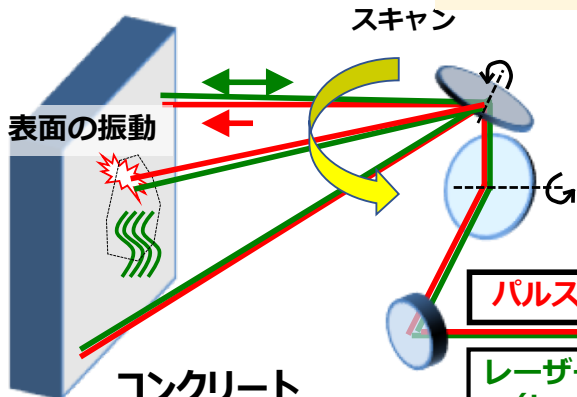
コンクリート
(検査対象)

内部欠陥

原理的同一性

レーザーによる打音

レーザーで叩いて表面振動（振動周波数）の違いを検出する



スキャン

表面の振動

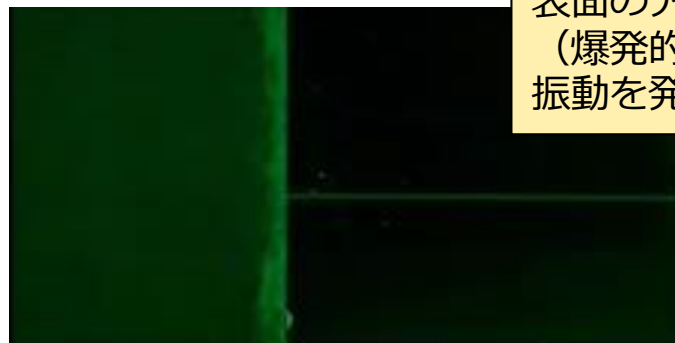
パルスレーザー

レーザー計測システム
(レーザー振動計)

コンクリート
(検査対象)

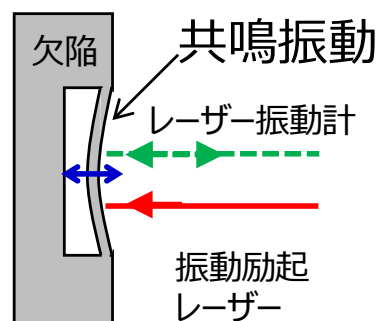
レーザー打音法の模式図

レーザー照射時のようす



表面のアブレーション
(爆発的な剥離) によって
振動を発生させる

レーザー照射模式図



欠陥

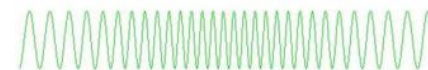
共鳴振動

レーザー振動計

振動励起
レーザー

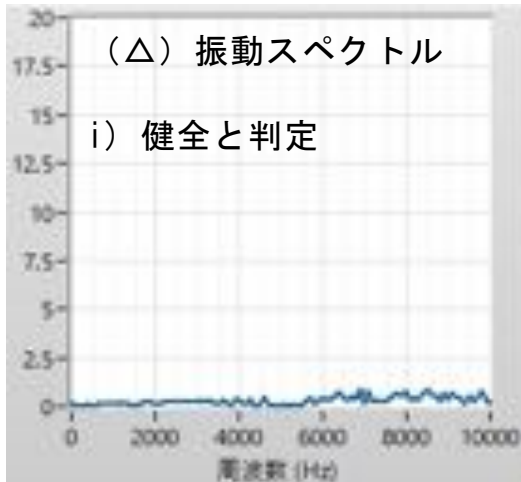
表面

ドップラー効果により
光は照射面の振動に応じた
変調を受ける



レーザー打音による計測

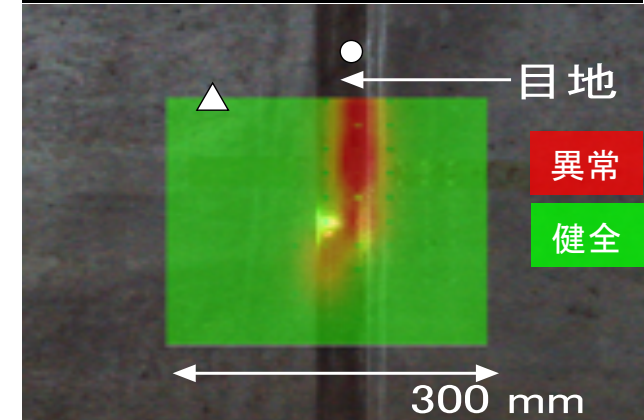
健全



異常



計測結果の表示例 (横断目地)



レーザー打音検査の原理・特徴

振動励起レーザーで表面を振動させ、

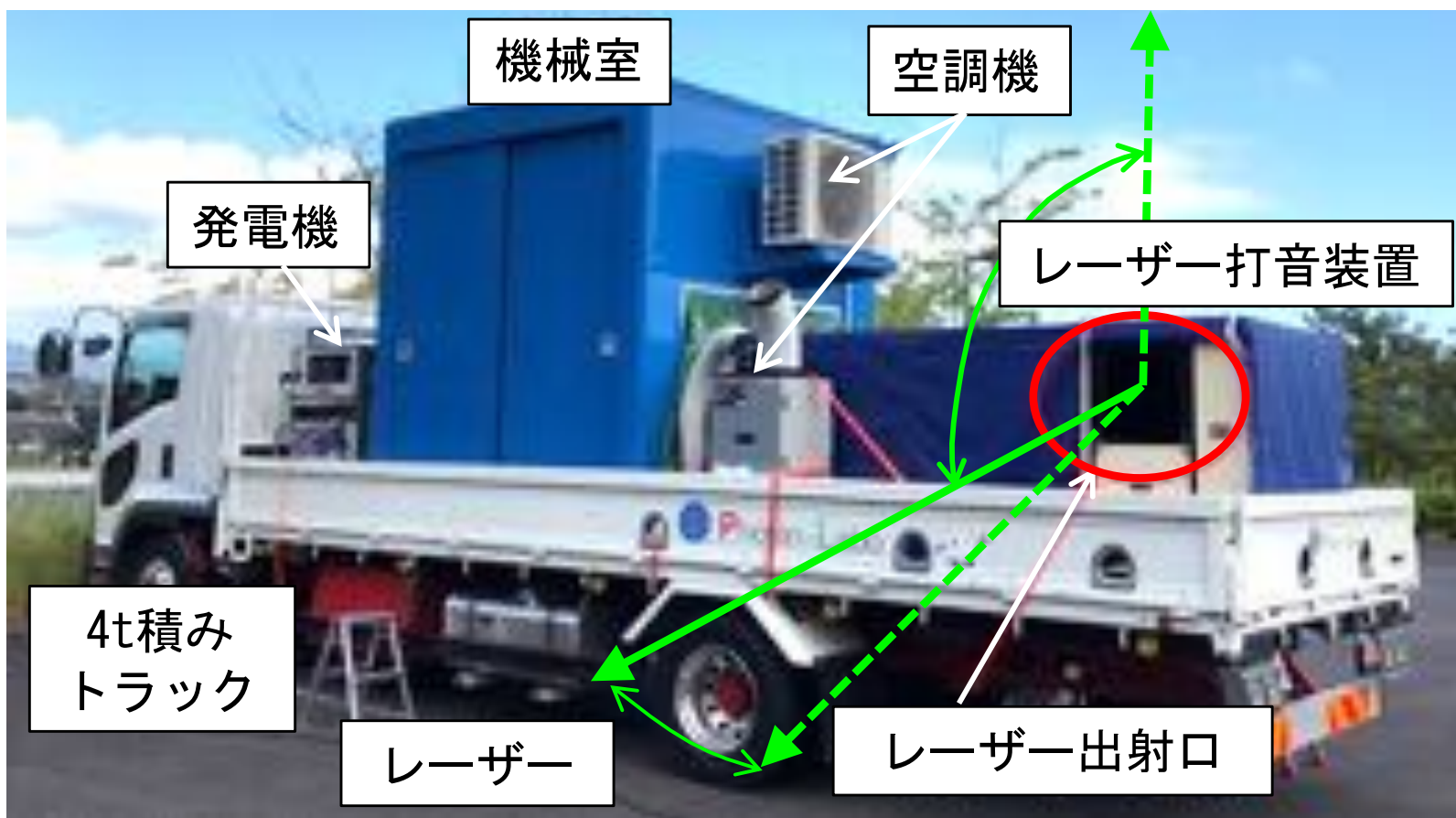
振動計測レーザーで振動を計測・解析することで、内部状態を検査します。

→打音検査と同等の検査原理により、**打音検査を、遠隔・定量・デジタル化。**

→打音検査結果を画像計測結果に重ね合わせることでマップ表示可

・検知可能な欠陥の深さは最大約5 cmであり、はく落に繋がりがやすい浅い欠陥の検知に適しています。

レーザー打音検査装置の外観



寸法：全長8.5m x 幅2.3m x 高さ3.2m

最大重量：約7 t (車両込み)

繰り返し：最大10 Hz

動作環境：5℃～35℃

非破壊検査技術(トンネル) (1/8)

TN020003-V0121

非破壊検査技術(橋梁) (1/8)

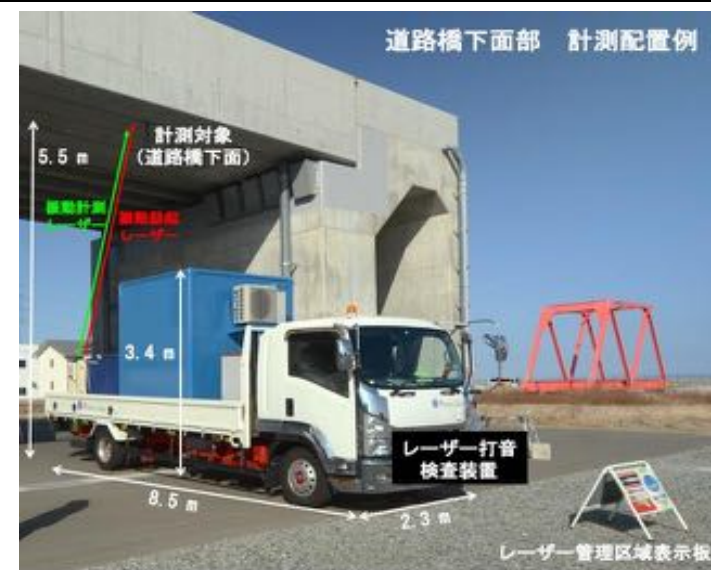
BR020016-V0021

1. 基本事項

技術番号	TN020003-V0121		
技術名	レーザー打音検査装置		
技術バージョン	VER1.0	作成:	2021年10月
開発者	株式会社フotonラボ (QST認定・理研ベンチャー)		
連絡先等	TEL: 048-483-4931	E-mail: laser-info@photon-labo.jp	レーザー打音事業部
現有台数・基地	1台	基地	京都府木津川市
技術概要	車両に搭載した2種類のレーザーを用いて覆工コンクリート内部におけるうきを対象とした点検を遠隔化・デジタル化する。搭載されたスキャナーにより、設定した範囲内を自動で格子状にスキャンする。深さ5cm程度までの覆工コンクリート内部のうきを検知可能であり、検査結果は装置に搭載した高精度カメラで取得した覆工面画像と重ね合わせて表示される。覆工面画像とともにうき部分の確認および、継続的に計測データを蓄積することでうき箇所の変化を確認することができる。		
技術区分	対象部位	・覆工の横断目地/覆工の水平打継ぎ目/覆工天端/その他覆工面	
	変状の種類	・覆工面におけるうき・はく離/表面近くの空洞	
	物理原理	パルスレーザーによる覆工コンクリート表面の振動の励起、および、レーザードップラー振動計による振動計測(20kHz以下)	
	検出項目	レーザー打音による表面振動(周波数)の変化	

1. 基本事項

技術番号	BR020016-V0021		
技術名	レーザー打音検査装置		
技術バージョン	VER1.0	作成:	2021年10月
開発者	株式会社フotonラボ(QST認定・理研ベンチャー) 株式会社建設技術研究所 計測検査株式会社		
連絡先等	TEL: 048-483-4931	E-mail: info@photon-labo.jp	株式会社フotonラボ・レーザー打音事業部 錦野 将元
現有台数・基地	1台	基地	京都府木津川市
技術概要	車両に搭載した2種類のレーザーを用いてコンクリート部材におけるうきを対象とした点検を遠隔化・デジタル化する。搭載されたスキャナーにより、設定した範囲内を自動で格子状にスキャンする。深さ5cm程度までのコンクリート部材内部のうきを検知可能であり、検査結果は装置に搭載した高精度カメラで取得した道路橋における表面画像と重ね合わせて表示される。コンクリート部材表面画像とともにうき部分の確認および、継続的に計測データを蓄積することでうき箇所の変化を確認することができる。		
技術区分	対象部位	コンクリート部材(主桁、横桁、床板、橋台、橋脚)	
	変状の種類	コンクリート部材のうき	
	物理原理	パルスレーザーによるコンクリート部材表面の振動の励起、および、レーザードップラー振動計による振動計測(20kHz以下)	
	検出項目	レーザー打音による表面振動(周波数)の変化	



技術カタログによる代替手段の適用範囲・条件・実施効果の明確化が進められています

PHASE 2

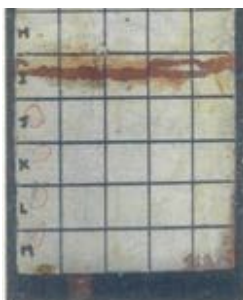
情報収集の
遠隔化、
人による評価

AI等の技術の
進歩

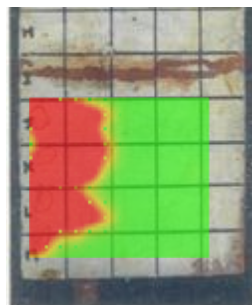
診断支援に活用するための課題（1） → レーザー打音検査結果の検証

供試体における検証試験

表面写真



レーザー打音

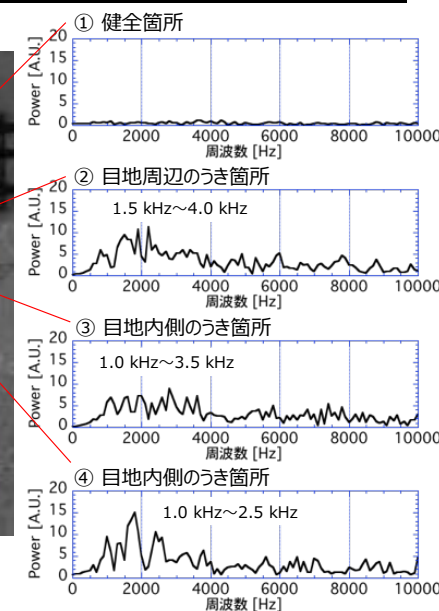
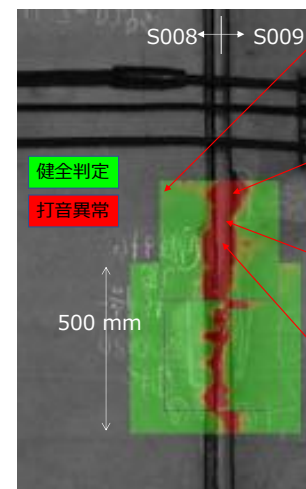


検査員（2名）



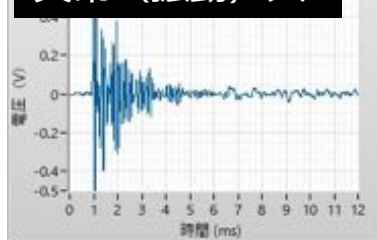
建設技術研究所 戸本他 土木施工(2021)
名古屋大学 中村 他 新道路技術会議
「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」

トンネル点検における検証試験

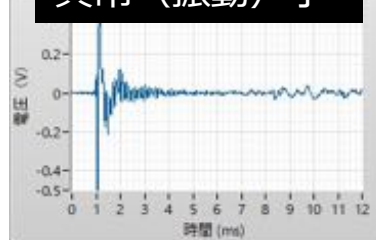


診断支援に活用するための課題（2） → 機械学習を用いた検査の多段階判定

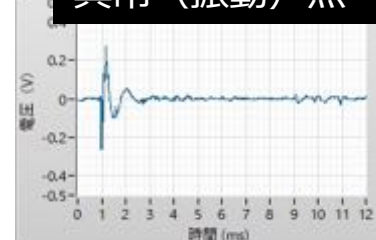
異常（振動）大



異常（振動）小



異常（振動）無



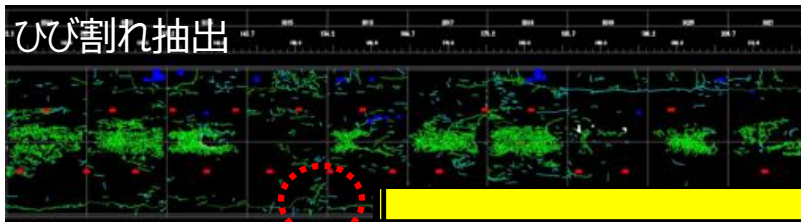
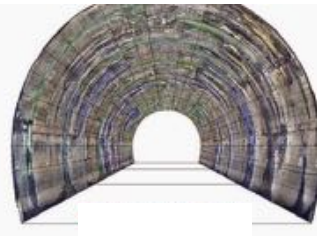
点検要領分類

1=正常, 2a:2b=異常(小),
3=異常(中), 4=異常(大)

PHASE 3

判断の精緻化、
自動化・
無人化

トンネル覆工面計測

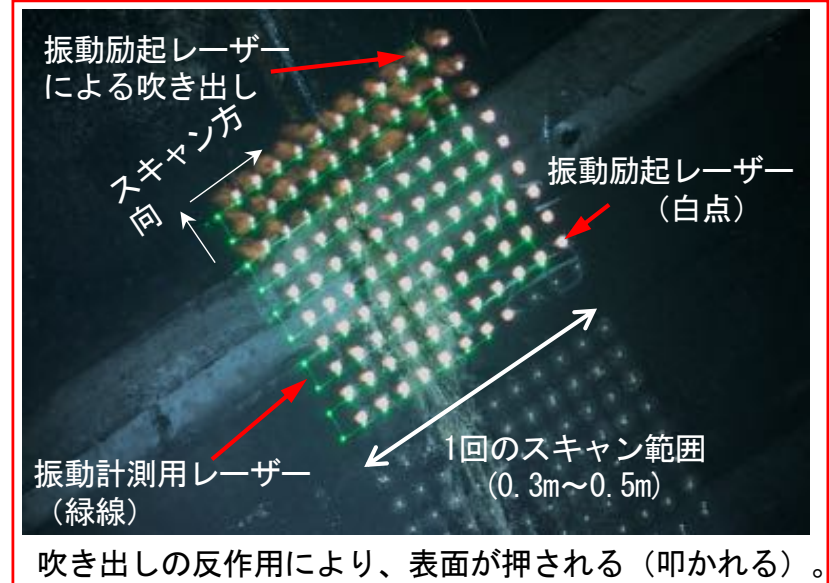


計測検査株式会社

危険箇所の推定

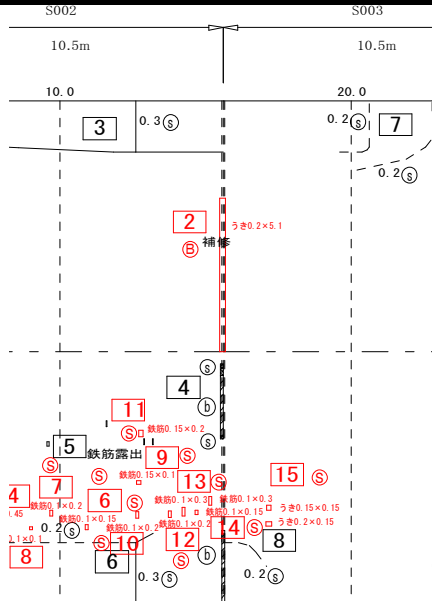
危険箇所の除去
人による最終判断
(建設コンサルタント)

レーザー打音検査



トンネル台帳 (例)

点検調書 (変状展開図)



変状写真台帳

写真番号	1	スパン番号	S001	メモ
部位区分	側壁左側		ひび割れに沿った浮きがみられる。①A=0.2m×0.1m②0.5m×0.1m③0.25m×0.45m	
変状の種類	うき剥離	判定区分	S	

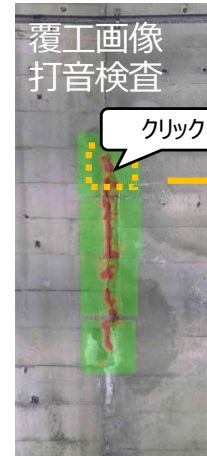
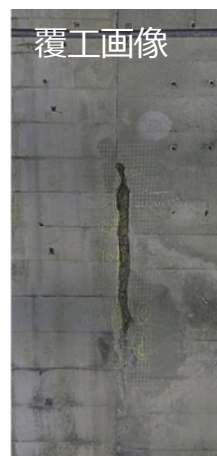
トンネルデジタル台帳 (DBプラットフォーム構築中)

画像計測データと打音データとを紐づけるDBプロトタイプシステム

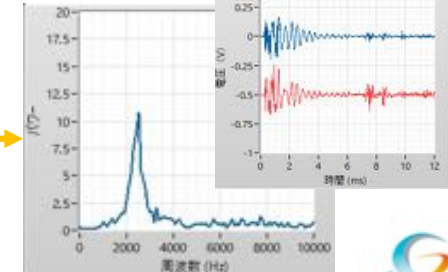
トンネル全体の撮影展開図上に危険箇所等をハッチング

社会基盤情報流通推進協議会

拡大表示



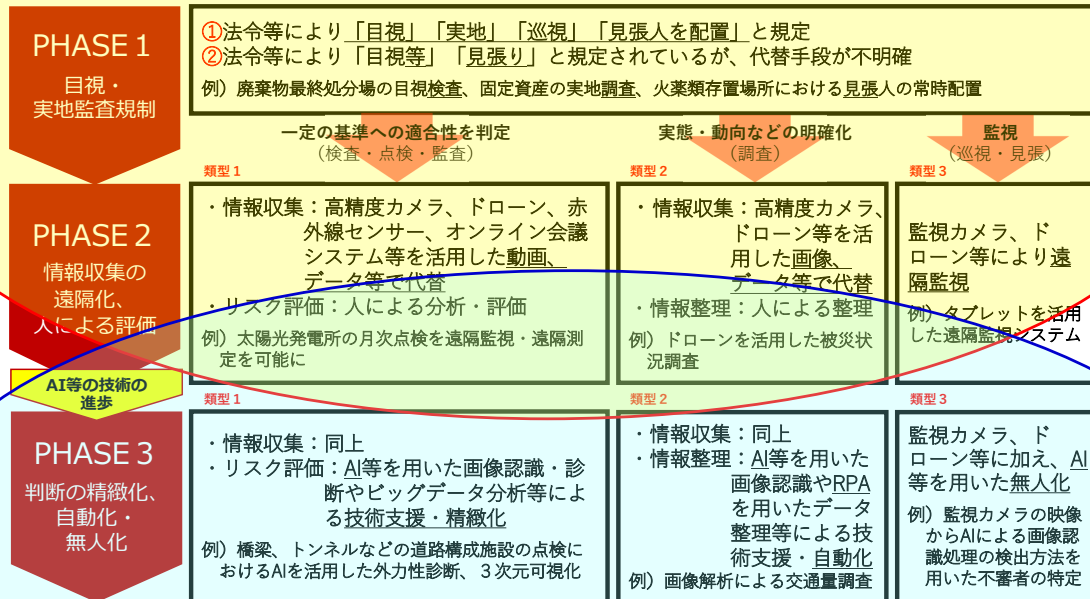
打音結果表示



SIP第2期「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術 (安西PD)」

目視・実地監査規制の類型化（案）

2022.2.8



点検のための新技術の基盤技術は構築されつつある。しかし、新技術は高価な機械を使っているため、性能だけでは、ヒトとは簡単には変わらない。(特にコスト面)

点検結果のデジタルデータの蓄積やそれを用いた予知・予防・効率的なDX点検手法の構築により、安全・安心な社会実現に貢献する。(コスト面や検査員の高齢化問題(人手不足)の解決にも貢献する)

※PHASE 2 及び 3 ともに、人力でなければ判断が難しい限定的な場合に限って目視、立入による検査等を実施
※規制を技術中立的なものとするため、技術カタログ等による代替手段の適用範囲、条件、実施効果などの明確化が必要

ロボット点検のデジタル管理の検討点：

- ・真正な点検結果データは、電子署名・タイムスタンプでOK？印刷物？
- ・大容量の画像データの写真著作権（納品後の公表権や複製権）
- ・点検するような場所は電波が届かない（＝人が住んでいない）場所。

ご静聴ありがとうございました。