

研究開発小項目（1）－（B）
「点検・診断技術の実用化に向けた研究開発」

研究開発テーマ名

「高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の
内部欠陥点検技術と統合型診断システムの開発」

安田 亨 パシフィックコンサルタンツ(株)
(株)ウォールナット、iシステムリサーチ(株)
(株)三英技研、(株)フォーラムエイト、[関西大学]

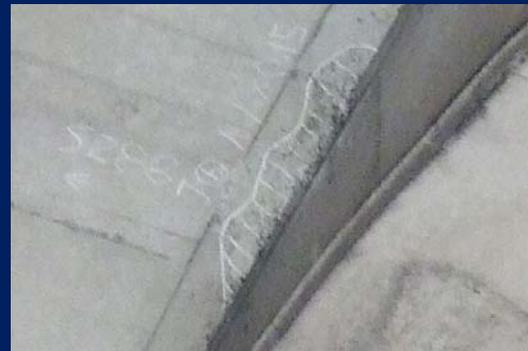
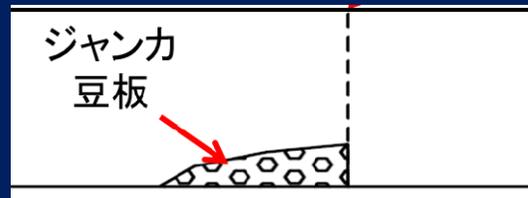
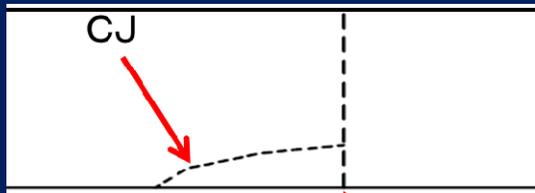
平成26年11月5日

(1) 研究開発の目的・概要

- ①打音検査の代替技術、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ザーにより検出する点検技術を研究開発する
- ②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

対象とする内部欠陥(目地周辺が8割)

目地変状:画像から判定可能



これまでの開発成果 走行型計測車両 MIMM-R



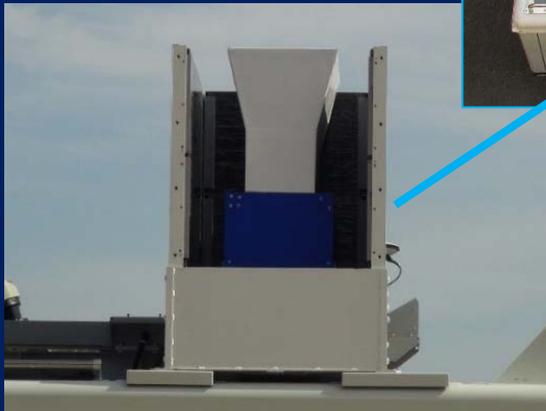
MIMM-Rの機能

高密度レーザー（100万点/秒）



覆工の3次元形状計測

非接触空洞探査レーザー



巻厚と背面空洞探査



時速50～70km/hで
走行しながら計測

標準MMS：レーザー（車両前頭部）



道路周辺の3次元地形測量

全周20台ビデオカメラ



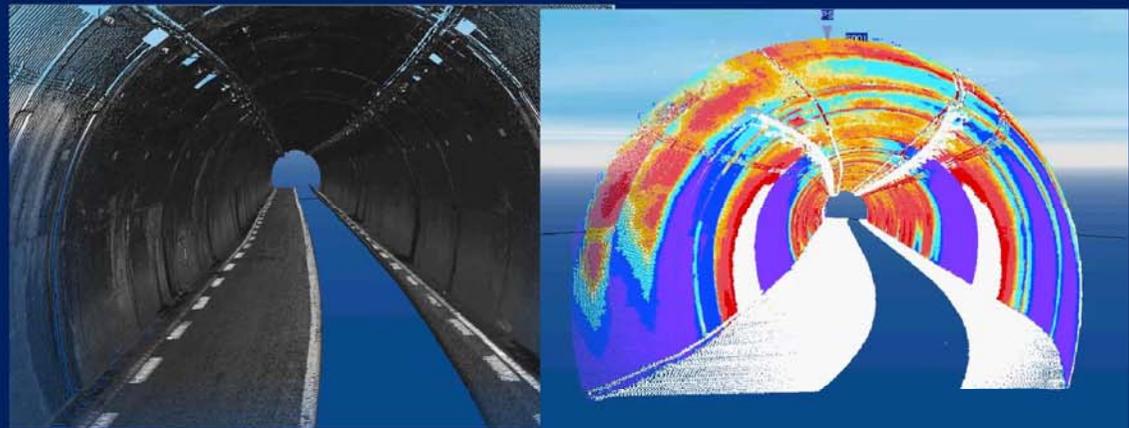
ひび割れ、変状を連続撮影

MIMM-Rによる計測・診断の現時点での成果

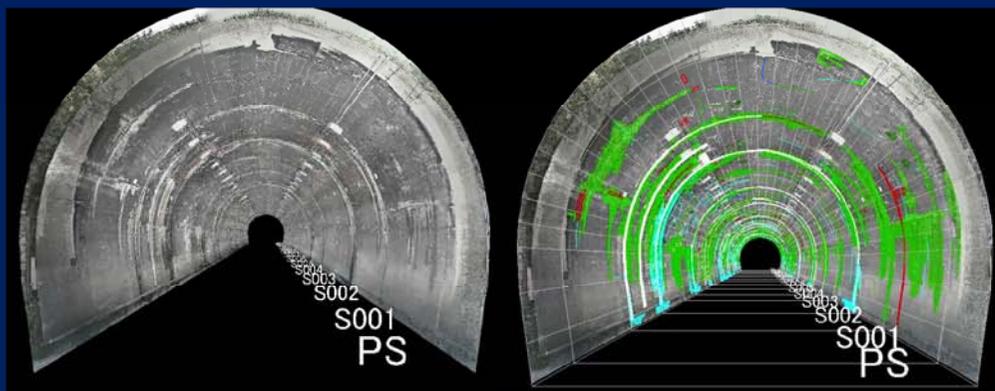
高精度な測量、位置情報



トンネルレーザ計測および変形モード解析



トンネル画像計測および損傷度評価



トンネルレーダ計測および空洞評価



現在の走行型計測法の課題

打音検査の目的と走行計測の課題

走行計測の課題

うき, はく離の検出	△	完全な代替困難
ひび割れの深度方向確認	△	ある程度可能
ハンマー衝撃力に対する安定性確認	×	対応困難
たたき落としによる応急措置の即時実行	×	対応困難
ボルト緩み確認など設備点検への活用	△	ある程度可能

打音検査の課題

- 点検には個人差が生じる. 見落としが発生する可能性あり.
- 時間と労力を要し, 非効率.

走行型計測手法による解決策の方向性

- 遠望・近接目視の代替 → 客観的, 高精度, 高速化, 見落とし防止
- 打音検査の代替・補完技術の開発が必要 = 打音箇所抽出

(2) 研究開発の内容・達成目標・期待される効果 ⁷

	実施項目、達成目標	開発段階	新規性
1	点検診断技術の調査		
	内部欠陥の明確化(原因、規模、範囲) レーダー探査装置(アンテナ)及び解析技術		
2	巻厚・空洞点検・診断技術の研究開発	高度化	○
	複数測線(3~4)計測による面的な分布把握		
3	内部欠陥点検診断技術の研究開発	新規開発	◎
	高速走行型非接触レーダーによる内部欠陥点検 基礎実験(周波数、電磁波の拡散、離隔確認) 縦断方向5cm、横断方向に1mの範囲で発生して いる内部欠陥を80%以上の検出率で計測 高速走行型非接触での内部欠陥探査は新技術		

期待される効果 走行型で迅速に問題箇所把握、打音箇所の抽出(スクリーニング)
→ コスト縮減、安全性向上、交通障害低減、客観的・効率的な点検

(2) 研究開発の内容・達成目標・期待される効果 ⁸

	実施項目、達成目標	開発段階	新規性
4	レーザーによる変状検出技術の研究開発	高度化 目地検出: 新規開発	◎
	高密度レーザーによる目地部検出 差分解析による進行性箇所検出の高精度化 曲率をもつトンネルの打設スパン3次元形状計測 5cmサイズの進行性評価、変状原因推定		
5	点検診断結果の可視化技術(統合型評価診断システム)の開発	高度化 統合化: 新規開発	◎
	位置情報検出技術の開発(GPSタイム同期) 3次元可視化技術開発、帳票作成DBソフト改良 画像、レーザー、レーダーの計測結果を統合した 健全性評価診断システムの開発		
6	実用化検証		
	実現場での実証実験、フィードバック、新技術の 妥当性、優位性評価、実用化		

期待される効果 高精度計測、正確な位置情報、進行性評価、統合システム
→ 客観的・高精度な変状把握、統合化による診断法の実用化

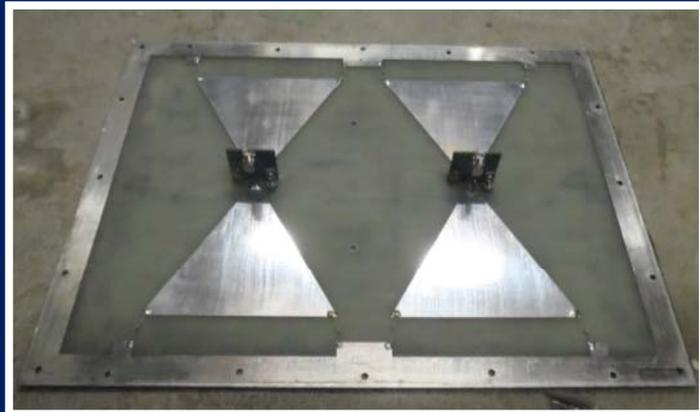
アンテナ構造・従来型レーダーとの対比



従来型レーダ(接触型レーダ)



新型レーダ(非接触型レーダ)

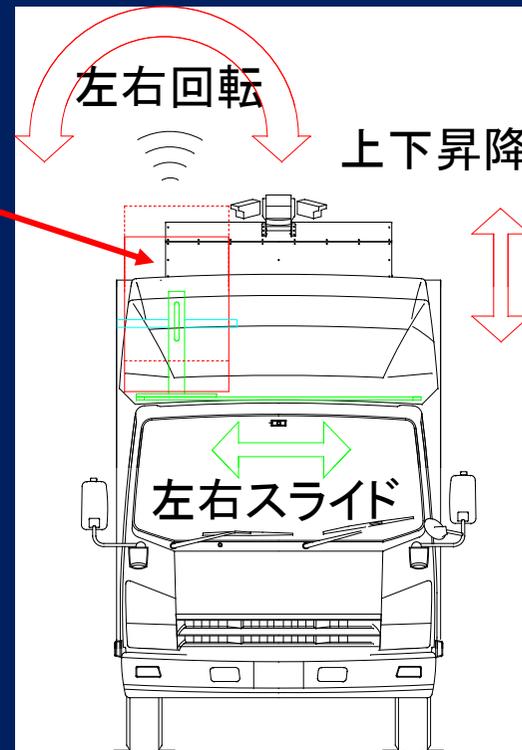


アンテナ形状:通称 ボウタイアンテナ
指向性が無く感度が低いため対象に
接触させる必要がある。

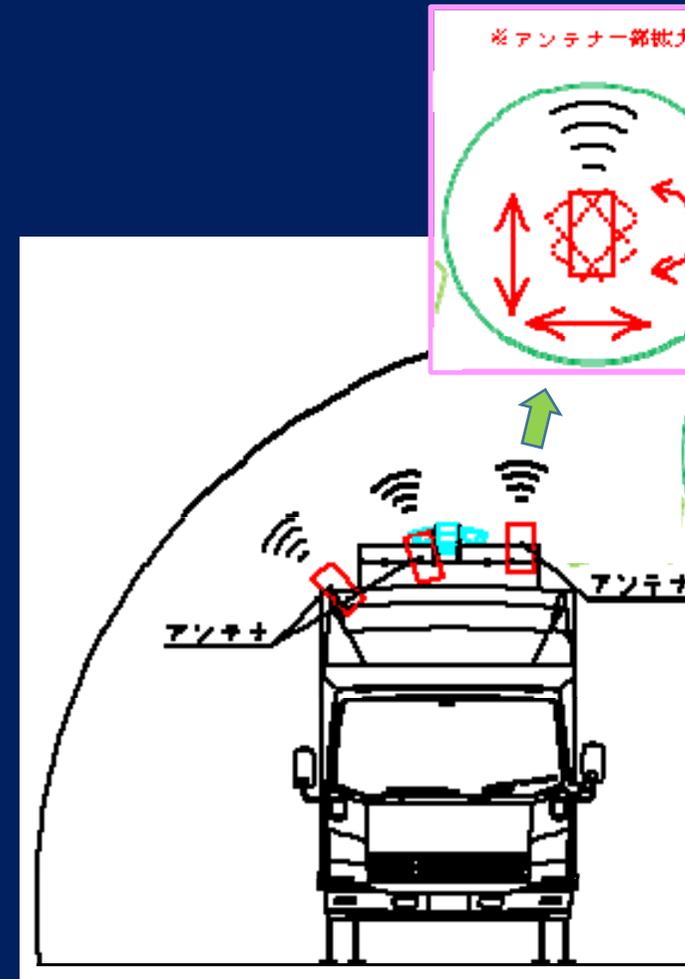


アンテナ形状:通称 ホーンアンテナ
指向性が有り感度が高いため
離隔を取れる。

レーダー探査システム



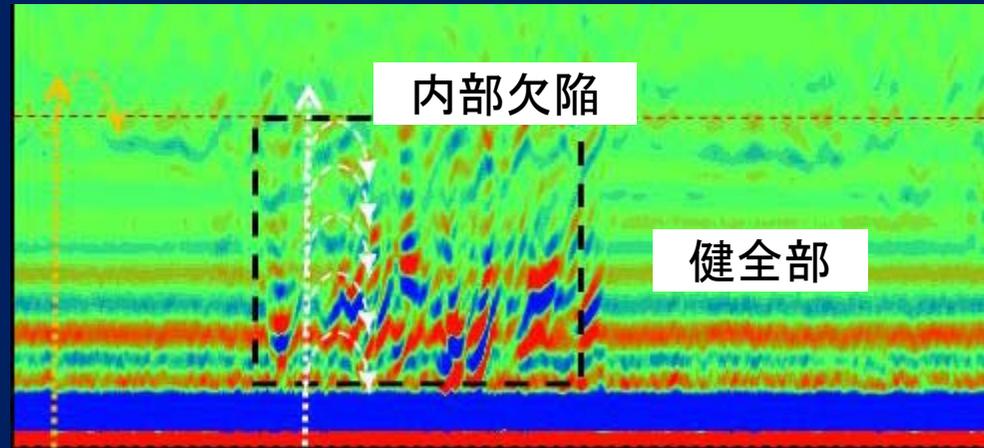
巻厚・空洞探査レーダー
(既存レーダー移設)



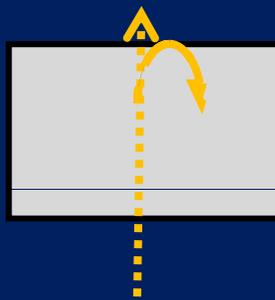
内部欠陥探査レーダー
(新規開発)

内部欠陥点検の原理

電磁波レーダでなぜ内部欠陥がわかるのか

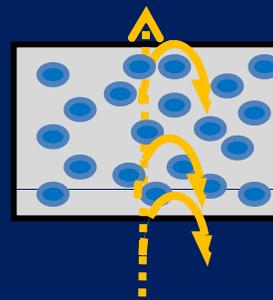


健全部



コンクリート1層のため
反射は1回

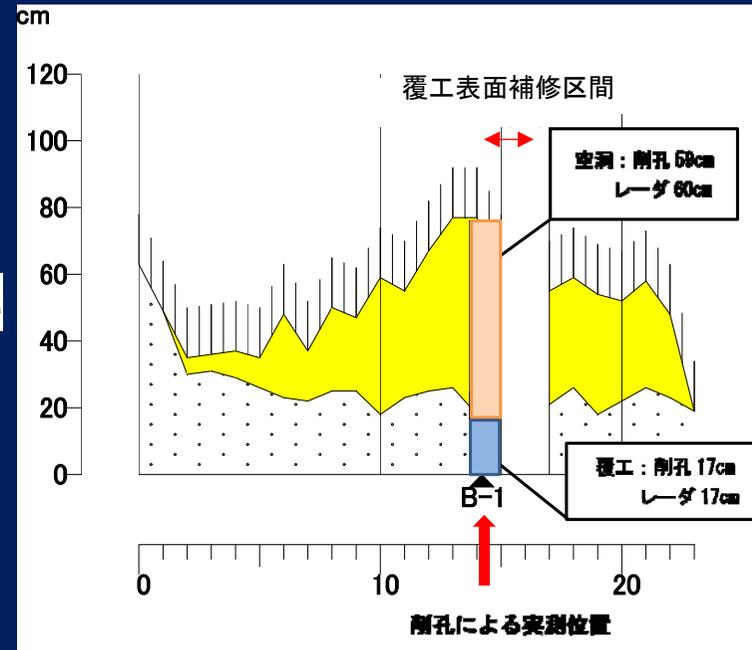
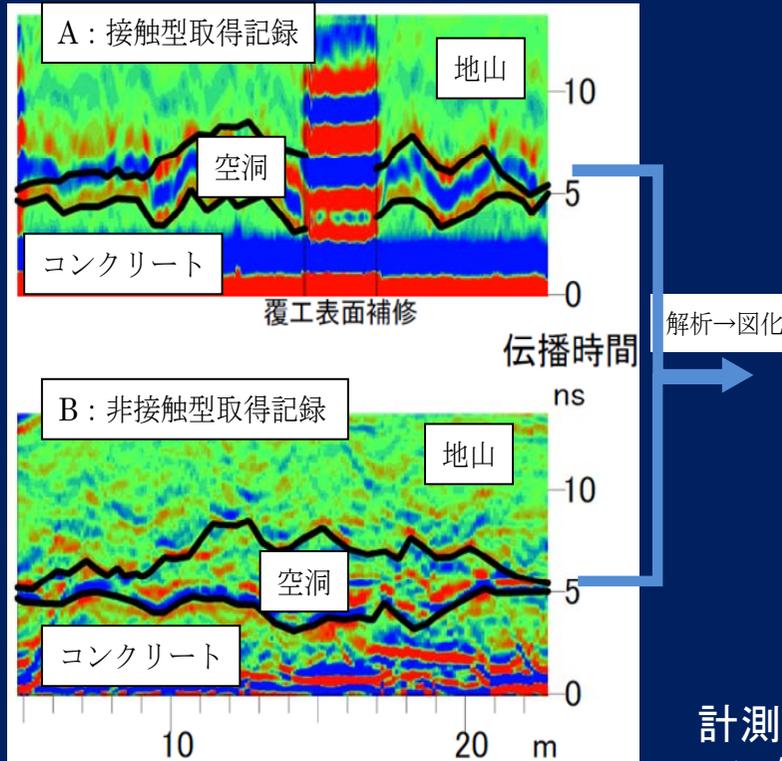
内部欠陥部



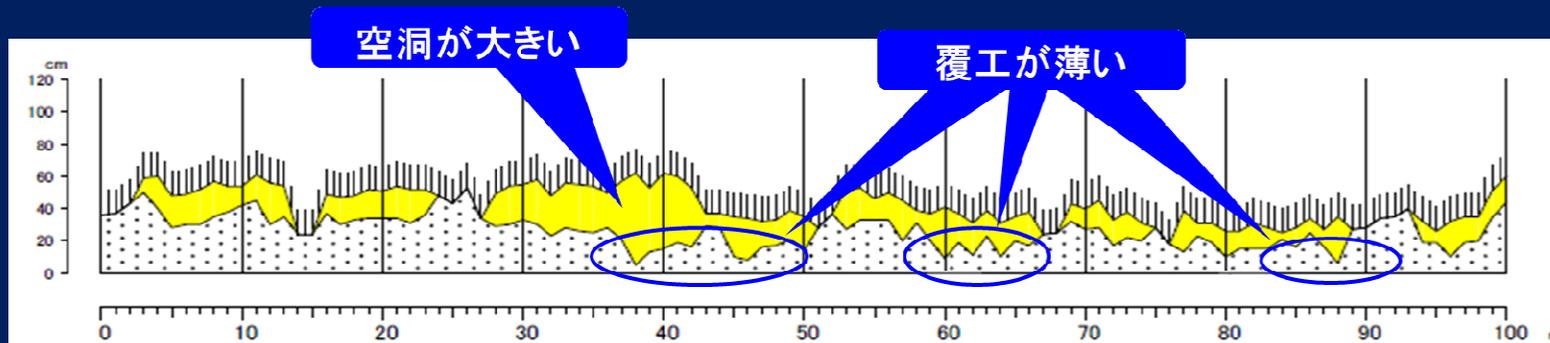
空隙など境界がたくさんある
ため多くの反射が発生

巻厚・空洞探査の計測精度

現況レーダーでの精度検証実験



計測精度：解析結果と、ボーリング孔での実測値との比較
 コンクリート厚、空洞厚 80 ~ 90 %



凡例

	コンクリート
	空洞
	地山

(3) 研究開始においての意気込み

16

本研究テーマで提案する技術

交通規制不要、高速走行型でトンネルの状態を迅速に経済的に把握

「うき、剥離」の変状 → 現状では交通規制による近接打音検査
多大な労力とコストを要する。

提案する技術は、高速走行型車両により変状の正確で客観的な情報を迅速に把握でき、うき、剥離などの内部欠陥を含む変状を打音検査を代替・補完する。

従来技術である近接目視や打音検査をゼロにすることはできないが、本技術によって打音検査を必要とする箇所をスクリーニング抽出することによって、交通規制を実施して打音検査する時間とコストを大幅に低減できる。

これらの成果により、トンネルの健全性診断・安全性の確保を確実に
行い、経済再生への貢献とともに、国民生活の安全、安心を提供し続け
たい。