

研究開発小項目(1)- (A)
「先端的な計測技術による点検・モニタリング・診断技術の研究開発」

研究開発テーマ名
「レーザーを活用した高性能・非破壊劣化
インフラ診断技術の研究開発」

研究責任者氏名（所属）： 緑川 克美（（独）理化学研究所）
研究実施機関：（独）理化学研究所 光量子工学研究領域
（独）日本原子力研究開発機構
（公財）レーザー技術総合研究所

平成26年11月5日（水）

研究開発の目的・概要

- トンネル等の高速かつ安全な検査技術として、レーザーによる表面計測、内部欠陥計測およびコンクリート脆弱部分除去を開発。
- これにより、**表面の亀裂、ひび割れ**や**内部欠陥の高速検出**、トンネル・橋梁等の**長期構造物としての変形を正確に把握**するとともに、これらのデータを**3次元イメージ化**し、予測診断を含めた計画的なインフラ保守保全に資する。

【レーザーによる非破壊検査の特徴】

- ① 自動、遠隔計測：**安全性**の確保、作業にかかる**コスト減**を可能に！
- ② 大面積計測、大型構造物の形状計測：大量の検査対象を**高速で計測**することが可能に！
- ③ 内部構造、劣化計測：目視できない**内部欠陥**等を観測することが可能に！
- ④ ICT技術との融合により、3Dイメージングとモニタリング：表面や構造物の形状、内部構造の時系列データを比較し、**劣化診断・評価**することが可能に！

2光子顕微鏡による
脳神経と血管の可視化



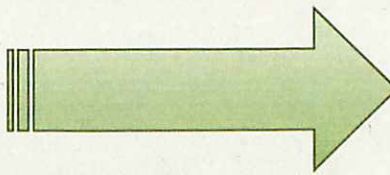
宇宙線ミュオンを利用した
コンテナ内可視化

X線によるCT画像取得と
光学シミュレーション

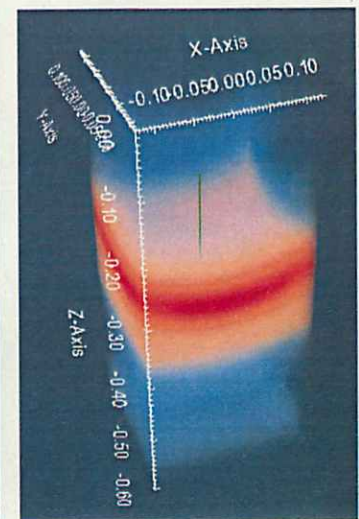
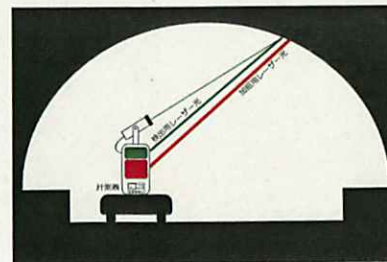


テラヘルツ波による
半導体チップの欠陥検査

医療・工業等で
広く応用されている我
が国の世界トップレ
ベル非破壊検査技術を



インフラ・大型構
造体へ展開！



研究開発内容 (レーザーによる形状計測)

概要・目的

- 港湾やトンネル等の高速かつ安全な検査技術として、レーザーによる表面計測を開発。
- これにより、表面の亀裂、ひび割れやトンネル・橋梁等の長期構造物としての変形を正確に把握するとともに、これらのデータを3次元イメージ化し、予測診断を含めた計画的なインフラ保守保全に資する。

具体的な内容

これまで開発してきた技術

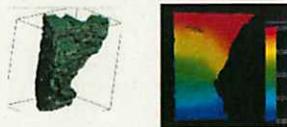
レーザーおよびセンシング技術

すばる望遠鏡の高度化用レーザー、北極圏のセンシングシステムを開発に成功。**対環境に強い光診断システムの実用化に実績を持つ。**



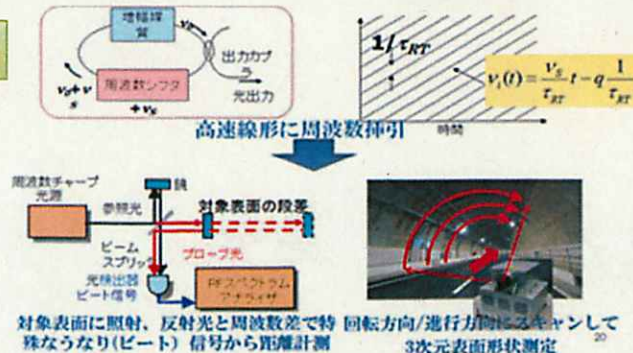
画像解析技術

理研独自のV C A Dプログラムより3次元画像からの**構造解析技術**に実績。



計測原理 特徴

5から10mの計測において、100μm以下の精密形状計測が可能。



今後開発すべき技術要素

周波数帰還型レーザーによる表面計測システム

点から線、線から面への計測領域の拡大>>>高速化
周波数帰還形レーザーの大出力化
震動など環境対策等>>装置化

達成目標

- 3年目 スキャン精度、線内10mm一点深さ精度100μm
振動下で空間精度2mm、計測速度4000点/秒
- 5年目 スキャン精度、面内10mmx10mmに一点
振動下で空間精度1mm、計測速度8000点/秒
トンネル内での計測(並列化が可能な状態)

想定される実用例



車載が可能なコンパクトなレーザーを用いた**表面形状の時系列3Dモニタリング**、**レーザー誘起振動波による内部欠陥計測の照射位置計画**などトンネル等や老朽化の高速かつ高精度な自動化された点検・診断が可能になる。

研究開発内容 (レーザーによるコンクリート欠陥計測)

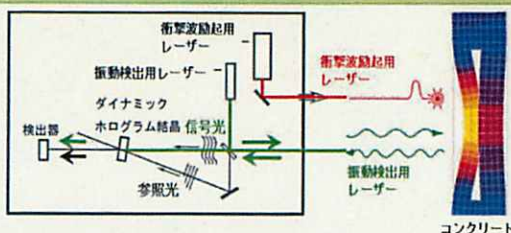
概要・目的

- レーザーを用いたコンクリート等の内部欠陥検査技術を開発。
- 従来の打音法にとってかわり、非接触による検査診断技術の確立。
- 理化学研究所の開発する形状計測装置と連携して、危険部位の詳細な計測診断が可能。

具体的な内容

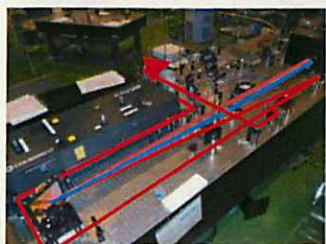
これまで開発してきた技術

レーザー誘起振動波診断技術の開発



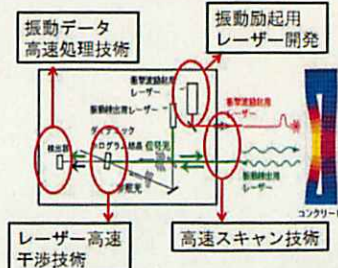
パルスレーザーを照射して振動を誘起し、レーザー干渉計で表面の微小振動を検出する**レーザー誘起振動波診断技術の開発**をJR西日本らと共に進めてきた。(レーザー技術総合研究所)

高繰り返しレーザー技術



光ネットにおいて、QUADRA-T (Yb系薄ディスクレーザーを用いた高繰り返しレーザー) の技術開発を進めてきた。(原子力機構)

技術の特徴



- ・従来の打音検査法に代わる方法
- ・遠隔・非接触・非破壊検査
- ・日本独自の方法

今後開発すべき技術要素

★検査技術の10倍の高速化>>>数百m/日

- (1) レーザー高速干渉技術の開発 (レーザー総研)
- (2) 高速スキャン技術の開発 (レーザー総研)
- (3) 振動データ高速処理技術の開発 (レーザー総研、)
- (4) 振動励起用レーザーの開発: 5J, 50Hz (JAEA)

達成目標

- 3年目 数百m/日 (打音50m/日) 計測深さ10cm
亀裂サイズ (深さ方向) 1mm以下
- 5年目 JR西日本のトンネルで実用化試験を実施
性能確認



レーザーを用いた欠陥検出と
その場で脆弱部を除去・補修する作業のイメージ

従来の打音検査法に代わるトンネルの保守保全技術として国土強靱化に資する。

また、ここで開発される技術は、道路、校舎等の建物の外壁の健全性評価にも貢献できる技術として期待される。



タイル健全性評価 校舎の外壁の崩落検査

研究開発内容 (レーザーによる脆弱部除去技術)

概要・目的

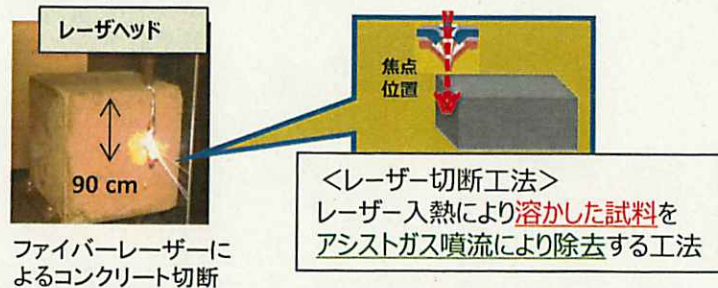
- コンクリートは成分が多様であり、それらのレーザー照射に対する破砕、溶断特性は十分に理解されていない。本研究では、鉄道等のインフラで用いられているコンクリート試料に高出力ファイバーレーザーを照射し、破砕、溶断等のデータベースを構築し、インフラ脆弱部のレーザー除去技術の実現に資する。

具体的な内容

これまで開発・検討してきた技術

コンクリートや金属のレーザー切断破砕技術

原子炉等のレーザー解体技術の研究開発を実施。独自のレーザー切断工法による厚さ90cmのコンクリートの切断や、高硬度のアルミナペレットの破砕技術を開発。



作業時の作業員防護用衣服材料の検討

作業員の安全性に考慮したレーザーを通さない熱に強い繊維を、企業等と連携し開発中。

期間内に実施する研究内容

コンクリート破砕・溶断データベースの構築

JR西日本より、実際に鉄道で使用されているコンクリート試料の提供を受け、成分、使用環境等によるコンクリートの破砕・溶断特性をデータベース化。3kWファイバーレーザー等を用いて数分間で15cm程度の脆弱部の除去を目標としたレーザー照射最適パラメータの指針を得る。

レーザー照射時の健全部位への損傷伝搬の評価

レーザー照射部周辺の健全部位の機械強度や成分分析などを行い、損傷伝搬の影響を評価する。

レーザーによる遠隔かつ非接触のインフラ脆弱部の除去技術の実現に資する。

研究開発技術とターゲットの整理

担当法人	開発技術	検査ターゲット	特徴
理化学研究所	周波数帰還型レーザーによる表面計測システム	トンネル形状（外圧による変形）検査 トンネル内設置インフラの非破壊検査 ※港湾・橋梁等の構造物にも適用可	高速・高精度、3次元表面形状計測 振動はセンサとソフトで除去
原子力機構	振動励起用高繰返し（5J・50Hz）レーザー	トンネル表面付近のひび割れ等の検査（既存検査法の高速化 → 50m/dayから数100m/day 10倍の高速化） ※港湾・橋梁等の構造物にも適用可	防塵・振動等の対策を施した、高速・高精度の振動励起源
	ファイバーレーザーによるコンクリート等除去技術	トンネル表面の脆弱部のレーザー除去に向けたコンクリートの破砕データベースの構築（落下の可能性のある破片の事前除去） ※港湾・橋梁等の構造物にも適用可	遠隔操作による脆弱部除去技術の実現に資するデータベース構築
レーザー総研	レーザー高速干渉技術、高速スキャン技術および振動データ高速データ処理技術	トンネル表面付近のひび割れ等の検査（既存検査法の高速化 → 50m/dayから数100m/day 10倍の高速化） ※港湾・橋梁等の構造物にも適用可	高速・高精度化（高速反射光波面制御や位相変調技術等）

トンネルを始め橋梁港湾等の表面・内部・深部の計測箇所・条件に合ったレーザーテクノロジーを組み合わせることで、安全かつ高速に、正確なインフラ診断評価を実現

研究内容と体制（意気込みに変えて）

研究統括 理化学研究所
光量子工学研究領域長 緑川克美

アドバイザー
鉄道総研

理化学研究所 和田、加瀬

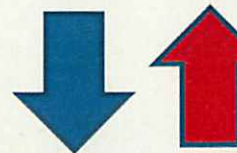
原子力機構 河内・レーザー総研 島田

レーザーを用いた高速表面形状3次元計測

- ・トンネル内壁、および構造体の変形
モニタリング
- ・トンネル内の配線・制御ボックス等
付属物の形状・位置
- ・3次元画像診断

レーザーを用いた内部診断、脆弱部除去

- ・光励起振動波による内部欠陥の診断
- ・脆弱部のレーザー除去データベース



初年度から参画、厳しく注文を！

・JR西日本のトンネルに適用（JR西日本）

実用化：JR西日本コンサルタント

展開



- ・橋梁、道路等（国交省、土木研究所）
- ・港湾（国交省 港湾研究所）